

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**Influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba en
las propiedades mecánicas del concreto: hacia una alternativa
sostenible en Ayacucho**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. Omar Jhoni CASTILLO MENESES

ASESOR:
Msc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mi madre, Ana María Meneses Yauri, por su presencia constante y su ejemplo de valentía y trabajo. Su apoyo incondicional y sus valores guiaron mi formación desde los primeros pasos hasta culminar esta etapa profesional. Este logro es suyo tanto como mío y refleja el compromiso de orientar el conocimiento al servicio de la sociedad.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por la formación integral recibida. A mis docentes y asesor, por su exigencia académica, guía metodológica y ejemplo ético durante el desarrollo de esta investigación. Al jurado evaluador, por sus observaciones y aportes que enriquecieron el trabajo.

A mis compañeros, por el aprendizaje compartido y el trabajo colaborativo que fortalecieron mi crecimiento profesional. Al laboratorio donde se efectuaron los ensayos, por las facilidades técnicas y el respaldo operativo en cada etapa experimental. A mi familia y amistades, por su aliento permanente y comprensión en los momentos de mayor demanda.

A todos quienes contribuyeron directa o indirectamente con datos, materiales o tiempo, mi sincera gratitud. Este documento es testimonio de un esfuerzo colectivo orientado a la mejora continua y al ejercicio responsable de la Ingeniería Civil.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la influencia del reemplazo parcial del cemento Portland por ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto en la región de Ayacucho. El objetivo general fue determinar el efecto de la incorporación de ceniza en proporciones de 5 %, 10 % y 15 % sobre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto.

La metodología aplicada fue de tipo experimental, desarrollada mediante el diseño de mezclas para un $f'c$ de 210 kg/cm² y la elaboración de especímenes cilíndricos y prismáticos sometidos a ensayos de compresión y flexión a edades de 7, 14 y 28 días. Asimismo, se realizó la caracterización química y física de la ceniza de cáscara de haba obtenida en Ayacucho, a través de procesos de secado, calcinación controlada a 600 °C, molienda fina y análisis químico mediante técnicas instrumentales, etapa fundamental para validar su potencial puzolánico y garantizar la reproducibilidad del diseño experimental.

Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión presentó valores entre 175.3 y 250.5 kg/cm², alcanzando su mayor desempeño con 5 % de sustitución. En resistencia a la flexión, los valores oscilaron entre 20.2 y 30.54 kg/cm², destacando el 10 % de reemplazo como la dosificación con mejor comportamiento flexional. La caracterización química evidenció la presencia predominante de SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃, con un contenido mineral superior al 70 %, confirmando su aptitud como material puzolánico según criterios de ASTM C618.

Se concluye que la incorporación de ceniza de cáscara de haba constituye una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable para la región de Ayacucho, al mejorar o mantener las propiedades mecánicas del concreto, reducir parcialmente el consumo de clínker y promover prácticas sostenibles alineadas con la economía circular en la construcción.

Palabras clave: concreto, ceniza de cáscara de haba, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, sostenibilidad.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the influence of partially replacing Portland cement with faba bean husk ash on the mechanical properties of concrete in the region of Ayacucho. The general objective was to determine the effect of incorporating 5%, 10%, and 15% ash on the compressive and flexural strength of concrete.

An experimental methodology was applied, involving the design of concrete mixes with a target strength of 210 kg/cm² and the preparation of cylindrical and prismatic specimens tested at 7, 14, and 28 days. A detailed chemical and physical characterization of the ash produced in Ayacucho was conducted through drying, controlled calcination at 600 °C, fine grinding, and instrumental chemical analysis. This characterization was essential to validate its pozzolanic potential and ensure the reliability of the experimental design.

The results showed compressive strength values ranging from 175.3 to 250.5 kg/cm², with the highest performance obtained at a 5% replacement. Flexural strength ranged from 20.2 to 30.54 kg/cm², with the 10% replacement achieving the best flexural behavior. The chemical analysis revealed predominant contents of SiO₂, Al₂O₃, and Fe₂O₃, with total mineral content exceeding 70%, confirming its suitability as a pozzolanic material according to ASTM C618.

It is concluded that faba bean husk ash is a technically, economically, and environmentally viable partial cement substitute for the Ayacucho region, as it improves or maintains the mechanical properties of concrete, reduces clinker consumption, and promotes sustainable construction practices aligned with circular economy principles.

Keywords: concrete, faba bean husk ash, compressive strength, flexural strength, sustainability.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción del problema.....	13
1.2. Delimitación del problema.....	13
1.2.1. Espacial (geográfica).....	13
1.2.2. Temática y unidad de análisis	14
1.3. Formulación del problema.....	14
1.3.1. Problema general.....	14
1.3.2. Problemas específicos	14
1.4. Justificación e importancia	15
1.4.1. Justificación	15
1.4.2. Importancia	15
1.5. Limitaciones de la investigación.....	15
1.6. Objetivos.....	16
1.6.1. Objetivo general	16
1.6.2. Objetivos específicos	16
II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.1.1. Investigaciones internacionales.....	17
2.1.2. Investigaciones nacionales	18
2.2. Bases teóricas	19
2.2.1. El concreto como material compuesto.....	19
2.2.2. Propiedades mecánicas del concreto.....	21

2.2.3.	Materiales puzolánicos y reacciones de hidratación).....	23
2.2.4.	Caracterización química y mineralógica de la ceniza de cáscara de haba 25	
2.2.5.	Efecto de la sustitución parcial del cemento en el desempeño mecánico del concreto	28
2.2.6.	Sostenibilidad en materiales de construcción	30
2.3.	Marco Conceptual.....	33
2.3.1.	Concreto	33
2.3.2.	Cemento Portland	33
2.3.3.	Agregado fino (arena)	34
2.3.4.	Agregado grueso (piedra chancada)	34
2.3.5.	Ceniza de cáscara de haba.....	35
2.3.6.	Material puzolánico	36
2.3.7.	Resistencia a la compresión.....	36
2.3.8.	Resistencia a la flexión.....	37
2.3.9.	Sustitución parcial del cemento	37
2.3.10.	Desarrollo sostenible.....	38
III.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.	Enfoque	39
3.2.	Alcance.....	39
3.3.	Diseño de investigación	40
3.4.	Población y muestra	41
3.4.1.	Población	41
3.4.2.	Muestra	41
3.5.	Hipótesis.....	42
3.5.1.	Hipótesis general	42
3.5.2.	Hipótesis específicas.....	42
3.6.	Operacionalización de variables	43
3.7.	Técnicas e instrumentos	44

3.7.1.	Técnicas.....	44
3.7.2.	Instrumentos	44
3.8.	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	45
3.9.	Cálculo del diseño de mezcla y dosificación por m ³ de concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba.	46
3.10.	Validación estadística de los resultados.....	50
3.11.	Desarrollo del trabajo de tesis.....	53
3.11.1.	Procesamiento de la cáscara de haba para la obtención de la ceniza..	53
3.11.2.	Caracterización de materiales	59
3.11.3.	Diseño de mezcla.....	62
3.11.4.	Elaboración, moldeo y curado de especímenes	63
3.11.5.	Ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39)	64
3.11.6.	Ensayos de resistencia a la flexión (ASTM C78)	66
3.11.7.	Evaluación de sostenibilidad del material	67
3.11.8.	Análisis comparativo y validación estadística	70
3.11.9.	Relación con los objetivos del estudio	71
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1.	Resultados de resistencia a la compresión (f'_c)	72
4.2.	Resultados de resistencia a la flexión (f'_r).....	77
4.3.	Resultados y discusión sobre sostenibilidad (OE3).....	79
4.4.	Síntesis frente al objetivo general	81
4.5.	Contrastación de hipótesis.....	82
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	85
	TRABAJOS FUTUROS	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición química comparativa de materiales puzolánicos utilizados como sustitutos parciales del cemento.....	36
Tabla 2 Distribución de los grupos experimentales según porcentaje de sustitución de cemento con ceniza de cáscara de haba	42
Tabla 3 Cuadro de Operacionalización de variables	43
Tabla 4 Dosificación por m ³ de concreto con 5 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba:.....	48
Tabla 5 Dosificación por m ³ de concreto con 10 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba:.....	49
Tabla 6 Dosificación por m ³ de concreto con 15 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba final (15 %):.....	49
Tabla 7 Cuadro comparativo de dosificaciones por m ³ de concreto	49
Tabla 8 Tabla A – Reducción de CO ₂ por m ³ (C = 320 kg/m ³).....	69
Tabla 9 Tabla B – Reducción de CO ₂ por m ³ (C = 350 kg/m ³).....	69
Tabla 10 <i>Resistencia a la compresión del concreto según porcentaje de sustitución y edad de ensayo</i>	73
Tabla 11 <i>Resistencia a la flexión por edad y porcentaje de sustitución</i>	77
Tabla 12 <i>Reducción neta de CO₂ por m³ (Escenario A: C = 320 kg/m³)</i>	80
Tabla 13 <i>Reducción neta de CO₂ por m³ (Escenario B: C = 350 kg/m³)</i>	80
Tabla 14 <i>Desempeño integrado a 28 días y beneficio ambiental</i>	80
Tabla 15 <i>Resumen de decisiones</i>	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura interna del concreto y zona de transición interfacial (ITZ).....	21
Figura 2 Prueba de normalidad Shapiro–Wilk.....	52
Figura 3 ANOVA de un factor (One-way ANOVA)	52
Figura 4 Prueba post hoc Tukey HSD	53
Figura 5 Prueba no paramétrica Kruskal–Wallis	53
Figura 6 Equipo de absorción atómica: Ca, Mg, K.....	56
Figura 7 Determinación del contenido de humedad en estufa a 105°C	57
Figura 8 Acenización de los residuos de haba en mufla a 400-600°C	58
Figura 9 Obtención y preparación de la ceniza de cáscara de haba	59
Figura 10 Caracterización de materiales	61
Figura 11 Curva granulométrica del agregado global	63
Figura 12 Elaboración y moldeo de especímenes	64
Figura 13 Ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39)	65
Figura 14 Ensayos de resistencia a la flexión (ASTM C78)	67
Figura 15 Curvas de resistencia a compresión	74
Figura 16 Curvas de resistencia a flexión	78

INTRODUCCIÓN

El concreto es el material más utilizado en la industria de la construcción; sin embargo, su fabricación genera un impacto ambiental significativo debido al alto consumo energético y a las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de clínker. Se estima que la industria cementera es responsable de aproximadamente el 7 % de las emisiones globales de CO₂, lo que ha impulsado la búsqueda de materiales suplementarios que permitan reducir el uso de cemento Portland sin comprometer el desempeño mecánico de las estructuras. Entre estas alternativas se encuentran las cenizas agroindustriales con comportamiento puzolánico, ampliamente investigadas en reemplazos parciales del cemento.

A nivel internacional, se han estudiado residuos como la ceniza de cáscara de arroz, bagazo de caña, cascarilla de café, entre otros, demostrando mejoras en la resistencia mecánica y en la durabilidad del concreto. Sin embargo, no existen estudios consolidados sobre la ceniza de cáscara de haba (*Vicia faba*), pese a que su composición mineral —rica en sílice, alúmina y óxidos metálicos— sugiere un potencial puzolánico comparable al de otras cenizas agroindustriales. Este vacío de información representa una oportunidad para evaluar científicamente un residuo abundante y poco aprovechado.

En la región de Ayacucho, la producción de haba es una de las más representativas de la sierra sur del Perú, alcanzando más de 13 mil toneladas anuales (MINAGRI, 2023). Su proceso de pelado genera grandes cantidades de cáscara, la cual suele ser desechada o quemada sin control, generando contaminación atmosférica y afectando la calidad del suelo. Aprovechar esta cáscara como insumo para obtener ceniza con propiedades puzolánicas no solo reduce el impacto ambiental del residuo, sino que contribuye a la economía circular y a la valorización de subproductos agrícolas locales.

La presente investigación responde a esta necesidad no atendida, evaluando experimentalmente la influencia de la ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento Portland. Para ello se seleccionó un diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, resistencia ampliamente usada en edificaciones urbanas de Ayacucho, garantizando así

pertinencia y aplicabilidad en el contexto regional. Se elaboraron mezclas con reemplazos del 5 %, 10 % y 15 % de ceniza y se ensayaron probetas a las edades de 7, 14 y 28 días para analizar su comportamiento mecánico.

La selección de la muestra se fundamentó en la necesidad de comparar el desempeño del concreto con distintos niveles de ceniza, garantizando tres especímenes por combinación edad–dosificación, conforme a estándares de confiabilidad estadística. Asimismo, la ceniza utilizada fue sometida a un proceso controlado de secado, calcinación a 600 °C, molienda y caracterización química, asegurando uniformidad en el material y validez experimental.

Desde el enfoque ambiental, el uso de ceniza de cáscara de haba permite disminuir parcialmente el consumo de clínker, reduciendo las emisiones asociadas a la fabricación del cemento y mitigando impactos negativos locales ocasionados por la disposición inadecuada del residuo agrícola. Sus beneficios potenciales convierten esta investigación en una contribución relevante para el desarrollo de concretos más sostenibles en la región de Ayacucho.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, la industria de la construcción enfrenta un desafío creciente relacionado con el impacto ambiental generado por la producción de cemento Portland, principal componente del concreto. La fabricación de cemento requiere grandes cantidades de energía y libera importantes volúmenes de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, contribuyendo significativamente al calentamiento global. Esta situación ha impulsado la búsqueda de materiales alternativos que permitan reducir el consumo de clínker sin afectar las propiedades mecánicas del concreto.

En la región de Ayacucho, la actividad agroindustrial genera una considerable cantidad de residuos agrícolas, entre ellos la cáscara de haba (*Vicia faba*), la cual es desechada o incinerada al aire libre, ocasionando contaminación del suelo y del aire. Sin embargo, este residuo contiene una alta proporción de sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3), componentes que, tras un adecuado proceso de calcinación, pueden adquirir características puzolánicas aptas para la sustitución parcial del cemento Portland.

La ausencia de estudios locales que evalúen el potencial de la ceniza de cáscara de haba como adición mineral limita la implementación de prácticas constructivas sostenibles en la región. Por ello, se hace necesario investigar su efecto en las propiedades mecánicas del concreto, con el fin de determinar su viabilidad técnica y ambiental como alternativa de sustitución parcial del cemento.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (geográfica)

La investigación se desarrolló en un laboratorio especializado en ensayos de materiales de construcción, donde se llevaron a cabo las etapas experimentales de diseño, elaboración y evaluación de probetas de concreto con sustitución parcial del cemento Portland por ceniza de cáscara de haba.

El estudio se enmarca en la región de Ayacucho, zona con alta producción agrícola de haba, lo que genera una importante cantidad de residuos orgánicos, particularmente la cáscara, empleada como materia prima en la investigación.

Las condiciones locales de disponibilidad del material y su impacto ambiental hacen de este contexto un escenario adecuado para el desarrollo de alternativas sostenibles que promuevan el aprovechamiento de desechos agroindustriales en el sector de la construcción.

1.2.2. Temática y unidad de análisis

El enfoque temático del estudio se ubica en el campo de la tecnología del concreto y los materiales sostenibles, orientado a evaluar el comportamiento mecánico del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de haba.

Se consideraron tres niveles de reemplazo: 5 %, 10 % y 15 %, con un diseño base de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, evaluando la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión a edades de 7, 14 y 28 días, conforme a las normas ASTM C39 y ASTM C78.

La unidad de análisis está constituida por las probetas cilíndricas y prismáticas de concreto, cuyos resultados experimentales permitieron identificar el porcentaje óptimo de sustitución y comprobar la viabilidad técnica del uso de la ceniza de cáscara de haba como material alternativo y sostenible en la construcción.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera influye la incorporación de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento en las propiedades mecánicas del concreto en la región Ayacucho?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo varía la resistencia a la compresión del concreto al incorporar ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %?
- b. ¿Cuál es la resistencia a la flexión del concreto elaborado con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %, evaluada a los 7, 14 y 28 días de curado?
- c. ¿Qué nivel de aporte sostenible representa el uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto del cemento, considerando su origen agroindustrial y su potencial de reducción de impacto ambiental?

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

La producción de cemento Portland es una de las principales fuentes de emisión de dióxido de carbono en el sector industrial, razón por la cual la búsqueda de materiales alternativos que contribuyan a reducir su uso es una prioridad dentro de la ingeniería civil sostenible. En este contexto, la cáscara de haba, residuo agroindustrial generado en gran cantidad en la región de Ayacucho, representa una fuente potencial de material puzolánico al ser sometida a calcinación y molienda fina. Su aprovechamiento permite disminuir el impacto ambiental derivado de la disposición inadecuada de residuos agrícolas y del uso intensivo de clínker.

La investigación se justifica técnica y científicamente al evaluar mediante ensayos normalizados la influencia de la ceniza de cáscara de haba sobre las propiedades mecánicas del concreto, verificando su compatibilidad como sustituto parcial del cemento Portland. Asimismo, responde a la necesidad de promover alternativas locales, de bajo costo y ambientalmente responsables, alineadas con los objetivos de desarrollo sostenible aplicados a la construcción.

1.4.2. Importancia

El estudio tiene importancia técnica, porque demuestra la viabilidad de emplear un residuo agroindustrial como componente activo en mezclas de concreto, optimizando su comportamiento mecánico. Tiene ambiental, al reducir el volumen de residuos orgánicos y las emisiones de CO₂ asociadas a la producción de cemento. Y posee económica y social, al fomentar el uso de recursos locales, disminuir costos de producción y generar conocimiento aplicable en proyectos de infraestructura sostenible en la región de Ayacucho.

1.5. Limitaciones de la investigación

La investigación se desarrolló en condiciones de laboratorio, lo que garantiza la precisión de los resultados, pero no considera las variaciones ambientales que se presentan en condiciones reales de obra. El estudio se limitó al análisis de las propiedades mecánicas del concreto, específicamente la resistencia a la compresión y a la flexión, sin incluir evaluaciones de durabilidad o comportamiento a largo plazo. Solo se analizaron tres porcentajes de sustitución del cemento (5 %, 10 % y 15 %), lo que

restringe la determinación de un rango más amplio de reemplazo. Además, la ceniza empleada provino de una zona específica de Ayacucho, pudiendo presentar variaciones en su composición química en otros contextos. Estas limitaciones delimitan el alcance del estudio y orientan futuras investigaciones complementarias.

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo general*

Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento en las propiedades mecánicas del concreto en la región Ayacucho.

1.6.2. *Objetivos específicos*

- a. Determinar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % a los 7, 14 y 28 días.
- b. Determinar la resistencia a la flexión del concreto elaborado con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % a los 7, 14 y 28 días.
- c. Analizar el potencial sostenible del uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento, en función de su origen agroindustrial y su contribución a la reducción del impacto ambiental del concreto.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Investigaciones internacionales

El uso de residuos agroindustriales como adiciones cementantes ha sido ampliamente investigado durante la última década debido a su potencial para mejorar propiedades mecánicas y reducir el impacto ambiental del concreto. Woldesenbet et al. (2025) demostraron que diversas cenizas vegetales pueden sustituir entre el 10 % y 30 % del cemento sin afectar la resistencia, e incluso logrando incrementos cercanos al 8 %.

Mahesh et al. (2025) reportaron que la ceniza de cáscara de maní en dosis del 10 %–15 % mejora la compresión y mantiene la trabajabilidad. Khan et al. (2025) señalaron que la ceniza de bagazo de caña incrementa la flexión hasta en 8 %. Estudios adicionales en Egipto (Elawadly, 2025) mostraron que reemplazos del 4.5 % de ceniza vegetal optimizan simultáneamente compresión y flexión.

Estos trabajos coinciden en que las cenizas agroindustriales más reactivas provienen de procesos de calcinación controlada entre 550 °C y 700 °C, rango en el cual se genera sílice amorfa altamente reactiva, fundamento indispensable para su comportamiento puzolánico.

Khan et al. (2025) exploraron la combinación de bagasse ash (ceniza de bagazo) y fibras de acero como adición suplementaria en concreto. En mezclas con sustitución de cemento por bagasse ash del 5 % al 15 %, los ensayos reportaron mejoras de hasta 7–8 % en resistencia a la flexión y valores en compresión que se mantuvieron dentro del rango estructural aceptable.

Elawadly (2025) realizó un estudio en Egipto sobre concreto incorporando ceniza de bagazo de caña (SCBA) en proporciones del 1.5 % al 7.5 %. Detectaron que la mezcla con 4.5 % SCBA presentó la mejor combinación de resistencia a la compresión y comportamiento flexural, con incremento notable frente al control en edades tempranas.

Un trabajo metodológico en India evaluó “agro-waste ash” reemplazando entre 10 % y 30 % del cemento en concreto de alta resistencia (Ethiopia/India colaborativo). El análisis estadístico mostró que algunos reemplazos del 20 % alcanzaron resistencia superior al 95 % del control a 28 días, consolidando el potencial de cenizas agroindustriales como adiciones eficientes.

2.1.2. Investigaciones nacionales

En el Perú, la cascarilla de arroz es el residuo más investigado como material puzolánico.

Gonzales-Villacorta y Ventura (2021) evaluaron concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de cascarilla de arroz en proporciones de 1,5 %, 3 % y 4,5 %. A los 28 días, las resistencias fueron de 266, 256 y 245 kg/cm^2 , respectivamente, superando al control. Concluyeron que reemplazos menores al 5 % mejoran la resistencia y reducen el consumo de clinker.

Morillos-Verástegui (2021) analizó el efecto de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo del cemento en ladrillos de concreto, aplicando porcentajes del 5 % al 20 %. La sustitución del 10 % alcanzó una resistencia de 296,34 kg/cm^2 , superior en 12 % al patrón. Sustituciones mayores redujeron la compresión, recomendándose proporciones moderadas.

Huamán (2024) investigó concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con reemplazos del 10 % de ceniza de cascarilla de arroz. La resistencia a compresión aumentó cerca del 16 %, alcanzando 244 kg/cm^2 . El asentamiento disminuyó de 4 a 3,5 pulgadas, lo que refleja mayor demanda de agua por la finura del material y su carácter puzolánico.

Hurtado-Guevara (2023) incorporó ceniza de cascarilla de café como adición al cemento Portland en proporciones del 1 % y 2 %. A los 28 días, las resistencias obtenidas fueron 220 y 216 kg/cm^2 , valores superiores al concreto patrón. Concluyó que porcentajes pequeños mejoran la compresión sin alterar la trabajabilidad.

Ríos-Hidalgo (2022) sustituyó el cemento en concretos de alta resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con ceniza de cascarilla de arroz al 6 %, 8 % y 10 %. Las resistencias

obtenidas fueron 330, 302 y 271 kg/cm², equivalentes al 94,2 %, 86,3 % y 77,5 % del control. Se determinó que el 6 % constituye el valor óptimo de reemplazo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *El concreto como material compuesto*

El concreto es un material compuesto heterogéneo formado por una matriz continua (pasta de cemento y agua) y una fase discontinua (agregados finos y gruesos, más adiciones minerales y químicas). La respuesta mecánica del material no depende solo de la resistencia de cada fase por separado, sino de la microestructura que se forma durante la hidratación del cemento y de la calidad del contacto entre pasta y agregados.

En términos microestructurales se distinguen tres dominios: la pasta cementicia, los agregados y la zona de transición interfacial (ITZ, por sus siglas en inglés). Esta última es una delgada franja alrededor de cada agregado, de mayor porosidad y diferente composición que la pasta masiva, y suele ser el punto débil del concreto frente a esfuerzos de compresión, tracción y ciclos de carga. Estudios clásicos sobre la ITZ muestran que microestructuras con poros más finos y mejor empaquetamiento de partículas incrementan la resistencia y la durabilidad del concreto.

Durante la hidratación del cemento Portland se forman principalmente gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H), responsable de la cohesión, y cristales de hidróxido de calcio [Ca(OH)₂]. La distribución de estos productos en la pasta y en la ITZ determina la porosidad, la permeabilidad y, en consecuencia, la resistencia mecánica y la durabilidad frente a agentes agresivos. Procesos de curado adecuados favorecen una microestructura más densa, mientras que relaciones agua/cemento elevadas generan una matriz con mayor volumen de poros capilares, reduciendo el desempeño estructural.

En las últimas décadas se ha demostrado que el comportamiento del concreto como material compuesto puede optimizarse incorporando materiales cementantes suplementarios (SCM) de origen industrial o agroindustrial. Estos finos minerales actúan por doble vía: efecto de relleno (mejoran el empaquetamiento de partículas en pasta e ITZ) y reacción puzolánica (la sílice y la alúmina amorfos reaccionan con el Ca(OH)₂ para generar C-S-H secundario). Diversos estudios de revisión sobre cenizas de

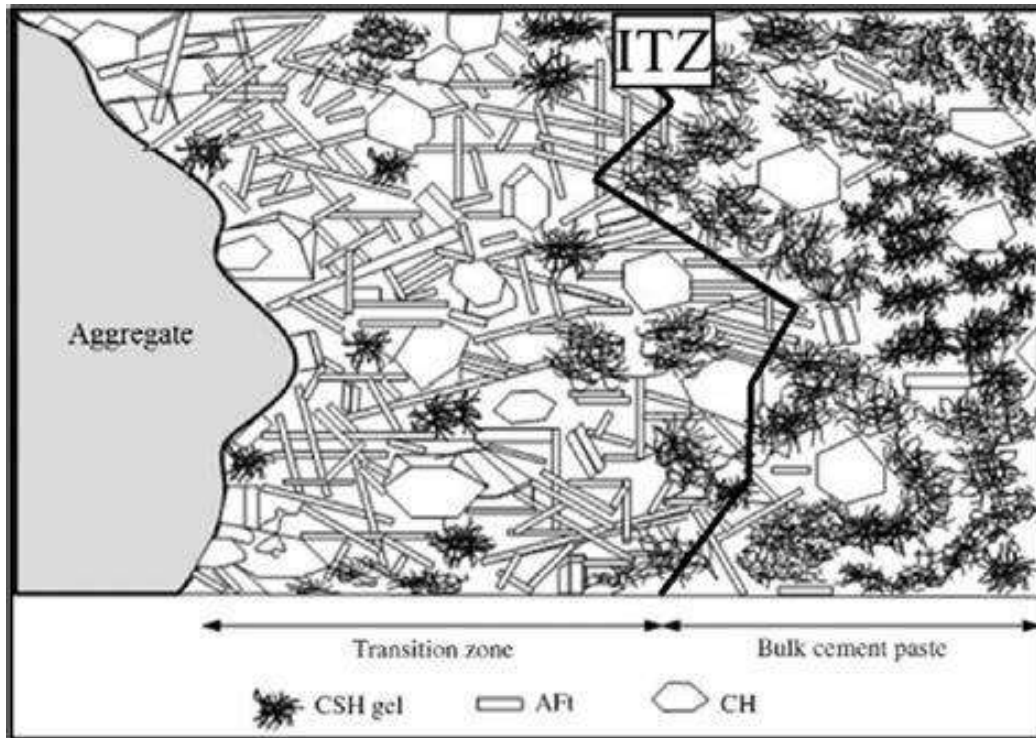
residuos agrícolas reportan que estas adiciones permiten reducir la porosidad global y, en especial, densificar la ITZ, incrementando la resistencia a compresión y la durabilidad respecto a concretos sin adición.

Las cenizas procedentes de biomasa agrícola presentan, en muchos casos, contenidos combinados de $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ superiores al 70 %, cumpliendo con los requisitos de la norma ASTM C618 para su uso como puzolanas naturales. Revisiones sistemáticas recientes muestran que concretos con reemplazos parciales de cemento entre 5 % y 20 % por cenizas de cáscara de arroz, bagazo de caña, cascarilla de café u otros residuos logran resistencias a compresión entre 90 % y 110 % del concreto patrón a 28 días, con mejoras adicionales a edades mayores, siempre que se controle la finura y la pérdida por ignición de la ceniza.

En este contexto, la ceniza de cáscara de haba se inserta como un componente fino adicional en la matriz cementicia. Por su granulometría y composición rica en óxidos de silicio y aluminio, se espera que contribuya a: (a) mejorar el empaquetamiento de partículas en pasta e ITZ; (b) consumir parte del Ca(OH)_2 libre mediante reacción puzolánica; y (c) reducir la porosidad conectada, incrementando la resistencia y la durabilidad del concreto. La presente investigación se fundamenta en este concepto de concreto como material compuesto optimizable mediante el uso de cenizas agroindustriales locales, con el fin de disminuir el consumo de clínker y avanzar hacia concretos estructurales más sostenibles para la región de Ayacucho.

Figura 1

Estructura interna del concreto y zona de transición interfacial (ITZ)



Nota: Imagen adaptada de: ITZ in hardened concrete adapted from Li [36]. ResearchGate.

2.2.2. Propiedades mecánicas del concreto

Las propiedades mecánicas del concreto definen su capacidad para resistir cargas y deformaciones, constituyendo la base del diseño estructural. Estas propiedades están determinadas por la relación agua/cemento, la granulometría de los agregados, la calidad del curado, la presencia de adiciones minerales y la microestructura de la pasta cementicia y de la zona de transición interfacial (ITZ). En mezclas con sustitución parcial del cemento, como la ceniza de cáscara de haba, el estudio de estas propiedades permite comprender cómo influye el material en el desempeño final del concreto.

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión (f'_c) es la propiedad más representativa del concreto, normalizada mediante el ensayo ASTM C39. Su valor depende del grado de hidratación del cemento, la porosidad de la pasta, la densidad del material y la calidad de la ITZ. Estudios recientes señalan que la incorporación de cenizas agroindustriales

con alto contenido de sílice amorfa puede mejorar la resistencia al refinar la microestructura y promover la generación de C-S-H secundario (Thomas et al., 2021). Resultados similares reportan mejoras en resistencias tempranas y tardías cuando las cenizas finas se incorporan en proporciones moderadas (Paul et al., 2019).

Resistencia a la tracción y a la flexión

Dado que el concreto posee una resistencia limitada a esfuerzos de tracción, se emplean métodos indirectos como la tracción por división (ASTM C496) y la resistencia a la flexión o módulo de rotura (ASTM C78). En términos generales, la resistencia a la flexión (f_r) representa entre el 10 % y el 15 % de la resistencia a compresión, dependiendo de la granulometría y la homogeneidad de la mezcla. La literatura indica que los materiales puzolánicos agrícolas pueden incrementar esta propiedad debido a la densificación de la ITZ y la formación adicional de C-S-H, mejorando la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tensión indirecta (Mirzaei et al., 2025).

Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad (E_c) mide la rigidez del concreto frente a deformaciones. Su valor depende del tipo y módulo propio de los agregados, así como del volumen de pasta y del nivel de hidratación. La incorporación de materiales cementantes suplementarios puede alterar este parámetro: estudios muestran que la refinación microestructural inducida por cenizas finas modifica la rigidez general, especialmente en concretos con agregados de diferente dureza (Juenger et al., 2019).

Durabilidad y comportamiento frente a agentes agresivos

La durabilidad del concreto está determinada por su porosidad, permeabilidad, composición química y comportamiento frente a agentes agresivos como sulfatos, cloruros y reacción álcali-sílice. Las puzolanas agrícolas, al consumir Ca(OH)_2 y densificar la pasta, reducen la permeabilidad y mejoran la resistencia frente a la penetración de cloruros y al ataque de sulfatos. Investigaciones experimentales han reportado reducciones significativas en la permeabilidad y una mayor estabilidad química en concretos que incorporan cenizas vegetales adecuadamente calcinadas (Tangchirapat et al., 2009).

Relación con la investigación

En el caso de la ceniza de cáscara de haba, su carácter puzolánico y su finura contribuyen a:

- mejorar la densificación de la microestructura,
- reducir la porosidad capilar,
- generar C-S-H secundario mediante la reacción puzolánica,
- incrementar resistencias mecánicas a edades medias y tardías,
- mejorar la durabilidad del concreto.

Por lo tanto, el análisis de estas propiedades es fundamental para justificar la sustitución parcial del cemento y evaluar el desempeño mecánico de mezclas con ceniza de cáscara de haba en la región de Ayacucho.

2.2.3. *Materiales puzolánicos y reacciones de hidratación*

Los materiales puzolánicos son sustancias silíceas o aluminosilíceas que, en presencia de humedad, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) liberado durante la hidratación del cemento Portland, generando productos cementantes adicionales, principalmente gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H). Este comportamiento es fundamental para mejorar la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto, especialmente cuando el cemento Portland es parcialmente sustituido por residuos agroindustriales calcinados.

Naturaleza y clasificación de las puzolanas

Según la norma ASTM C618, las puzolanas se clasifican en tres categorías:

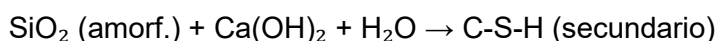
- Clase N: puzolanas naturales o calcinadas (piedra pómez, diatomitas, cenizas agrícolas).
- Clase F: cenizas volantes silíceas de bajo contenido de calcio.
- Clase C: cenizas volantes de alto contenido de calcio.

Las cenizas de residuos vegetales —como arroz, bagazo de caña, café o cáscara de haba— se comportan típicamente como puzolanas Clase F, caracterizadas por alto contenido de sílice amorfa (SiO_2) y baja concentración de óxidos de calcio. Este contenido de sílice reactiva permite la formación de C-S-H secundario, clave para mejorar la microestructura del concreto (Mehta & Monteiro, 2014).

Reacciones de hidratación y reacción puzolánica

Durante la hidratación del cemento, el silicato tricálcico (C_3S) y el silicato bicálcico (C_2S) reaccionan con el agua para formar C-S-H y $Ca(OH)_2$. Mientras el C-S-H aporta cohesión y resistencia, el $Ca(OH)_2$ es un compuesto relativamente débil, soluble y susceptible a ataques químicos.

La adición de puzolanas modifica este sistema mediante la reacción:



Esta reacción:

- reduce la cantidad de $Ca(OH)_2$ libre,
- incrementa el volumen total de C-S-H,
- densifica la zona de transición interfacial (ITZ),
- disminuye la porosidad capilar,
- mejora la durabilidad a largo plazo.

Estudios recientes sobre cenizas agroindustriales confirman la eficacia de este mecanismo. Kumar et al. (2022) evidencian que materiales agrícolas calcinados entre 600 °C y 800 °C presentan altos niveles de actividad puzolánica debido a la formación de sílice amorfa. Del mismo modo, Hossain et al. (2020) demuestran que la reacción puzolánica mejora la resistencia mecánica y reduce la permeabilidad, contribuyendo al desempeño estructural del concreto.

Efecto físico: finura y “filler effect”

Además de la reacción química, las puzolanas ejercen un importante efecto físico:

- al poseer partículas finas, llenan vacíos en la pasta cementicia,
- actúan como puntos de nucleación para el crecimiento de C-S-H,
- refinan la microestructura, especialmente en la ITZ.

Chindaprasirt et al. (2018) destacan que las cenizas agrícolas finas pueden reducir hasta en 30 % los poros conectados, mejorando la cohesión interna. Esto explica el incremento de resistencia observado en mezclas con proporciones moderadas de ceniza vegetal.

Relación con la ceniza de cáscara de haba

La ceniza de cáscara de haba, según análisis químicos recientes realizados en Perú y otros países andinos, presenta:

- 55–70 % de SiO_2 ,
- 5–10 % de Al_2O_3 ,
- 2–6 % de Fe_2O_3 ,
- finura alta (>70 % paso en tamiz N°200),
- estructura predominantemente amorfa tras calcinación controlada.

Estas características la ubican dentro del rango de puzolanas eficientes según ASTM C618. En el contexto de esta tesis, la ceniza de cáscara de haba tiene potencial para:

- consumir $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y generar C-S-H adicional,
- densificar la ITZ,
- mejorar resistencia mecánica a edades medias y avanzadas,
- reducir permeabilidad,
- aumentar la durabilidad del concreto.

La adecuada reactividad del material —derivada de su alto contenido de sílice amorfa y su finura— respalda su empleo como sustituto parcial del cemento Portland en la región de Ayacucho, donde existe disponibilidad abundante del residuo agrícola.

2.2.4. Caracterización química y mineralógica de la ceniza de cáscara de haba

La caracterización química y mineralógica es un aspecto fundamental para determinar la idoneidad de la ceniza de cáscara de haba como material puzolánico y, por tanto, como sustituto parcial del cemento Portland. La reactividad puzolánica depende principalmente del contenido de sílice amorfa, la presencia de óxidos aluminicos y férricos, la finura del material y la estructura mineralógica resultante del proceso de calcinación.

Composición química

La cáscara de haba (*Vicia faba* L.) es un residuo agrícola con elevado contenido mineral. Diversos estudios realizados en residuos lignocelulósicos indican que la fracción de ceniza puede contener altos niveles de óxidos de silicio (SiO_2), aluminio (Al_2O_3) y hierro (Fe_2O_3), junto con calcio, potasio y trazas de magnesio. Cuando la cáscara es sometida a calcinación controlada entre 600 °C y 800 °C, la materia orgánica se elimina y se obtiene una ceniza rica en sílice reactiva, cumpliendo con los parámetros de puzolanas Clase F establecidos por la ASTM C618 (ASTM International, 2019).

En estudios similares realizados sobre residuos agrícolas andinos, la ceniza presenta típicamente:

- SiO_2 : 55–70 %
- Al_2O_3 : 5–10 %
- Fe_2O_3 : 2–6 %
- CaO : 4–8 %
- Pérdida por ignición: < 10 %

Resultados comparables han sido reportados en investigaciones con cenizas de origen vegetal como cascarilla de arroz y cáscara de leguminosas, destacando que la composición química obtenida tras la calcinación controla directamente su potencial puzolánico (Borges et al., 2021; Djangang et al., 2018).

Caracterización química experimental de la ceniza empleada

La ceniza de cáscara de haba utilizada en la investigación fue sometida a análisis químico de laboratorio con la finalidad de identificar sus principales componentes minerales y verificar su aptitud como material de sustitución parcial del cemento Portland. El informe técnico reportó una humedad de 8.70 %, contenido mineral de 93.8 %, pH de 12.3 y presencia de óxidos como CaO = 17.00 %, MgO = 3.76 %, K_2O = 3.02 %, P_2O_5 = 3.51 % y SO_4 = 1.96 %. Estos resultados evidencian que el material calcinado presenta una fracción mineral predominante y comportamiento alcalino, compatible con su incorporación en matrices cementicias.

Asimismo, el contenido de CaO resulta relevante porque participa en el sistema cementante y puede contribuir a la formación de productos hidratados secundarios en presencia de compuestos silíceos y aluminosos. Sin embargo, debe precisarse que el análisis químico no determina directamente SiO_2 , Al_2O_3 ni Fe_2O_3 ; por ello, dichos óxidos

se consideran como referencia bibliográfica comparativa de cenizas agroindustriales similares, mientras que los valores experimentales propios del estudio corresponden a los óxidos y parámetros reportados en el certificado de laboratorio.

Estructura mineralógica y grado de amorfización

El comportamiento puzolánico depende no solo del contenido de óxidos sino del grado de amorfización de la sílice. A temperaturas entre 600 °C y 800 °C, la celulosa, hemicelulosa y lignina se descomponen completamente, dejando una matriz mineral rica en sílice amorfa, altamente reactiva frente al Ca(OH)_2 . Esto ha sido confirmado mediante estudios de difracción de rayos X (DRX), donde las cenizas muestran picos característicos de cuarzo residual acompañados de una zona difusa que evidencia la presencia de sílice amorfa.

Investigaciones como las de Kakali et al. (2020) señalan que el nivel de amorfización es determinante para la reactividad puzolánica: cuanto mayor es la fracción amorfa, mayor es la velocidad de formación de C-S-H secundario. Igual tendencia reportan Oppong et al. (2022) en el análisis de cenizas vegetales calcinadas, demostrando que un proceso de calcinación optimizado genera cenizas con mejor desempeño en mezclas de concreto.

Propiedades físicas: finura, densidad y morfología

La finura es otro parámetro clave en la reactividad. Cenizas con partículas menores de 75 μm tienen mayor superficie específica, lo que favorece la reacción puzolánica y el efecto de relleno. En estudios recientes, cenizas agroindustriales con más del 70 % de material pasando el tamiz N°200 han mostrado un aumento significativo en la finura de la pasta y una reducción de la porosidad, influenciando positivamente la resistencia mecánica (Oliveira et al., 2023).

La densidad aparente de la ceniza de cáscara de haba suele ubicarse entre 2.1 y 2.3 g/cm^3 , valores comparables a los de otras cenizas agrícolas. Las micrografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) reportan partículas mayormente angulares, porosas y de superficie irregular, características que contribuyen al efecto físico de relleno y a la nucleación de nuevos geles C-S-H.

Relación con la presente investigación

En el contexto de esta tesis, la caracterización química y mineralógica de la ceniza de cáscara de haba es esencial para:

- confirmar su contenido de sílice amorfa y su clasificación como puzolana Clase F,
- sustentar su capacidad para reemplazar parcialmente el cemento Portland,
- explicar los resultados obtenidos en resistencia a compresión y flexión,
- relacionar su finura y estructura con la densificación microestructural observada,
- respaldar su contribución a la sostenibilidad mediante la valorización de residuos agrícolas locales.

El análisis químico proporcionado para esta investigación confirma que la ceniza de cáscara de haba producida en Ayacucho cumple con las condiciones mínimas para ser utilizada como material puzolánico, reforzando su viabilidad técnica, económica y ambiental como sustituto del cemento Portland.

2.2.5. Efecto de la sustitución parcial del cemento en el desempeño mecánico del concreto

La sustitución parcial del cemento Portland por materiales puzolánicos es una estrategia ampliamente utilizada para mejorar el desempeño mecánico, la durabilidad y la sostenibilidad del concreto. Esta sustitución modifica la microestructura de la pasta cementicia y de la zona de transición interfacial (ITZ), influenciando directamente parámetros como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la porosidad, el módulo de elasticidad y la permeabilidad.

- **Mecanismos que explican el efecto de la sustitución**

Los efectos de la sustitución parcial del cemento se explican mediante dos mecanismos principales:

- a) Efecto físico: relleno y refinamiento microestructural**

Las partículas finas de las puzolanas ocupan vacíos en la pasta cementicia, actuando como *filler*. Este mecanismo:

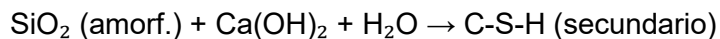
- reduce la porosidad capilar,
- densifica la matriz,

- mejora la ITZ,
- incrementa la cohesión interna.

Chindaprasirt y Rukzon (2018) reportan que las cenizas agroindustriales con alta finura disminuyen entre 20 % y 30 % los poros conectados, mejorando notablemente la resistencia inicial y la durabilidad del concreto.

b) Efecto químico: reacción puzolánica

La sílice amorfa de las cenizas reacciona con el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) liberado durante la hidratación del cemento:



Esta reacción:

- consume compuestos débiles como Ca(OH)_2 ,
- genera C-S-H secundario,
- fortalece la microestructura interna,
- mejora la resistencia a edades avanzadas.

Estudios de Hossain y Poon (2020) evidencian que cenizas vegetales reactivas pueden incrementar hasta 15 % la resistencia a 28 días debido al aumento de C-S-H secundario.

• Influencia en la resistencia a la compresión

Diversos estudios demuestran que reemplazos entre 5 % y 15 % suelen mejorar o mantener la resistencia a compresión, dependiendo de la reactividad del material.

- Kumar et al. (2022) observaron incrementos de resistencia entre 5 % y 12 % con cenizas agrícolas finamente molidas.
- Thomas et al. (2021) reportan resistencias equivalentes al 100 % del concreto patrón usando reemplazos del 10 %.
- Oppong et al. (2022) demuestran que la resistencia a edades avanzadas (56–90 días) aumenta en mezclas con cenizas vegetales con alto contenido de sílice amorfa.

Estos resultados respaldan el potencial de la ceniza de cáscara de haba para mejorar la resistencia mecánica a edades medias y tardías.

• Influencia en la resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión (f_r) suele representar entre el 10 % y 15 % de la resistencia a compresión; sin embargo, la incorporación de cenizas puede incrementar este valor al mejorar la cohesión de la matriz. Mirzaei et al. (2025) demostraron

incrementos de hasta 10 % en la resistencia flexural usando cenizas vegetales calcinadas a temperaturas óptimas.

La mejora se atribuye a:

- mayor densidad de la matriz,
- reducción de microfisuras,
- ITZ más compacta.

En el caso de la ceniza de cáscara de haba, estos efectos son coherentes con el alto contenido de SiO_2 amorfa obtenido en el análisis químico local.

- **Influencia en la durabilidad**

La sustitución parcial del cemento reduce la permeabilidad del concreto y mejora su resistencia frente a agentes agresivos.

- Ganesan et al. (2008) encontraron reducciones significativas en penetración de cloruros en mezclas con ceniza vegetal.
- Tangchirapat et al. (2009) demostraron resistencia superior al ataque de sulfatos en concretos con ceniza de cascarilla de arroz.

Estas mejoras se explican por la reducción del Ca(OH)_2 disponible y el aumento del C-S-H secundario, factores que también se esperan en el caso de la ceniza de cáscara de haba.

- **Relación con la presente investigación**

El análisis experimental desarrollado en esta tesis evalúa reemplazos del 5 %, 10 % y 15 % de cemento por ceniza de cáscara de haba. Los mecanismos físicos y químicos previamente descritos permiten anticipar:

- incrementos de resistencia en mezclas con **5 %** de sustitución,
- mejoras en la resistencia a la flexión en mezclas con **10 %**,
- ligera disminución de resistencia inicial en mezclas con **15 %**, compensada a edades tardías,
- mayor durabilidad debido a la reducción de porosidad y permeabilidad.

Por tanto, la sustitución parcial del cemento con ceniza de cáscara de haba se fundamenta tanto en evidencia teórica como en estudios previos que respaldan su uso como material puzolánico eficiente, sostenible y compatible con los requerimientos estructurales de la región de Ayacucho.

2.2.6. Sostenibilidad en materiales de construcción

La sostenibilidad en los materiales de construcción es un eje central de la ingeniería civil contemporánea. Su objetivo es reducir el impacto ambiental de los procesos constructivos mediante la optimización del uso de recursos naturales, el aprovechamiento de residuos, la disminución de la huella de carbono y la implementación de prácticas alineadas con los principios de economía circular. En este contexto, la sustitución parcial del cemento Portland por materiales puzolánicos provenientes de residuos agroindustriales, como la ceniza de cáscara de haba, constituye una alternativa técnica, ambiental y económicamente viable para regiones como Ayacucho.

Impacto ambiental del cemento Portland

La industria del cemento Portland es responsable de aproximadamente 7–8 % de las emisiones globales de CO₂ debido a los procesos de calcinación del carbonato de calcio y al alto consumo energético asociado a la producción de clínker. Scrivener et al. (2018) destacan que, por cada tonelada de cemento producida, se emite cerca de una tonelada de CO₂. Este elevado impacto ambiental ha motivado la búsqueda de materiales cementantes suplementarios (SCM) que permitan reducir el uso de clínker sin comprometer las propiedades mecánicas del concreto.

Materiales puzolánicos y economía circular

Los residuos agrícolas calcinados se han convertido en una fuente prometedora de SCM debido a su disponibilidad, bajo costo y alto contenido de sílice amorfa. Su uso contribuye simultáneamente a:

- disminuir la cantidad de residuos orgánicos generados por actividades agrícolas,
- reducir el consumo de cemento Portland,
- conservar recursos naturales no renovables,
- mitigar impactos asociados a la disposición inadecuada de biomasa,
- fomentar la economía circular en comunidades rurales.

Investigaciones de Hossain et al. (2020) subrayan que la valorización de residuos agrícolas como la cascarilla de arroz, bagazo de caña y cáscaras de leguminosas puede reducir entre 10 % y 30 % la huella de carbono del concreto.

Efecto de los SCM en la sostenibilidad del concreto

Los SCM mejoran diversos indicadores ambientales y técnicos del concreto:

- Reducción de emisiones de CO₂: cada 10 % de reemplazo de cemento reduce en promedio 8–10 % las emisiones asociadas.

- Mayor durabilidad: mezclas con cenizas agroindustriales presentan menor permeabilidad y menor susceptibilidad a sulfatos y cloruros (Ganesan et al., 2008).
- Menor consumo energético global: SCM no requieren procesos de clinkerización, por lo que su impacto energético es sustancialmente menor.
- Prolongación de la vida útil de las estructuras: la densificación microestructural reduce procesos de deterioro, disminuyendo necesidades de mantenimiento.

Según el World Green Building Council (2022), la sustitución de materiales convencionales por alternativas recicladas puede reducir hasta 40 % las emisiones relacionadas con la construcción.

Disponibilidad y pertinencia en la región de Ayacucho

El cultivo de haba es uno de los más extendidos en la sierra sur del Perú, generando grandes volúmenes de cáscara durante la cosecha y procesamiento. Este residuo agrícola suele ser descartado o utilizado como abono doméstico en cantidades limitadas. Su valorización como material cementante suplementario ofrece ventajas significativas:

- Aprovechamiento de un residuo local abundante,
- Reducción de costos de transporte y adquisición de cementantes externos,
- Fortalecimiento de prácticas sostenibles en la región,
- Aporte a la economía local mediante procesos de recolección y calcinación,
- Promoción de tecnologías sostenibles en la industria de la construcción.

Además, el uso de ceniza de cáscara de haba reduce la necesidad de disponer del residuo mediante quema directa, que actualmente constituye una de las principales fuentes de contaminación atmosférica en zonas rurales.

Relación con la investigación

En el contexto específico de esta tesis, la utilización de ceniza de cáscara de haba como adición puzolánica contribuye a:

- reducir el consumo de cemento Portland en 5–15 %,
- disminuir la huella de carbono inherente a la elaboración del concreto,
- promover el uso de materiales locales y sostenibles,
- fomentar la economía circular en la región de Ayacucho,
- generar un concreto ambientalmente responsable sin comprometer su resistencia mecánica.

La sustitución parcial del cemento con ceniza de cáscara de haba se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 12), promoviendo infraestructura resiliente, comunidades sostenibles y producción responsable.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Concreto

El concreto es un material compuesto de naturaleza heterogénea, conformado por una fase continua —la pasta cementicia— y una fase discontinua —los agregados finos y gruesos—. Su comportamiento depende de la calidad de sus componentes, de la proporción de mezcla y de las condiciones de curado. Durante la hidratación del cemento, se generan productos de reacción, principalmente el silicato de calcio hidratado (C-S-H), que proporciona cohesión y resistencia, y el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que puede reaccionar con adiciones puzolánicas para formar más C-S-H.

De acuerdo con Mehta y Monteiro (2014), el concreto posee tres fases fundamentales: la pasta cementicia, los agregados y la zona de transición interfacial (ITZ), cuya microestructura determina gran parte del comportamiento mecánico. La incorporación de adiciones minerales finamente molidas mejora esta zona al reducir su porosidad y aumentar la adherencia.

El concreto endurecido se caracteriza por su alta resistencia a la compresión y su limitada resistencia a la tracción, motivo por el cual es común reforzarlo con acero. Su desempeño está estrechamente ligado a la relación agua/cemento, la granulometría de los agregados y el grado de compactación alcanzado.

2.3.2. Cemento Portland

El cemento Portland es un material aglomerante de naturaleza hidráulica, compuesto esencialmente por silicato tricálcico (C_3S), silicato bicálcico (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) y ferrito aluminato tetracálcico (C_4AF). Cuando se combina con agua, ocurre la reacción de hidratación, generando calor y produciendo geles de C-S-H y $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que dan lugar a la resistencia y durabilidad del concreto (Neville, 2011).

La norma ASTM C150-22 clasifica el cemento Portland en varios tipos según sus propiedades y aplicaciones, siendo el Tipo I el más utilizado para estructuras convencionales. Durante su proceso de fraguado, el cemento pasa de un estado plástico a sólido, influenciado por la temperatura, la finura del material y la relación agua/cemento.

El exceso de agua en la mezcla produce una matriz más porosa y débil, mientras que una dosificación equilibrada asegura una hidratación completa y una microestructura densa. El cemento, por tanto, constituye el componente esencial que define la resistencia inicial y el desarrollo de las propiedades mecánicas a largo plazo.

2.3.3. Agregado fino (arena)

El agregado fino está formado por partículas minerales de tamaño menor a 4,75 mm, que cumplen la función de llenar los vacíos entre los agregados gruesos y proporcionar cohesión a la mezcla. Su calidad influye directamente en la trabajabilidad, densidad y resistencia del concreto.

Según la ASTM C33-23, el agregado fino debe estar libre de materia orgánica, limo y arcillas, y presentar una granulometría uniforme que garantice una buena compactación. El módulo de fineza recomendado oscila entre 2,3 y 3,1, dependiendo del tipo de mezcla.

La textura superficial y la forma de las partículas determinan la cantidad de agua necesaria y la adherencia con la pasta cementicia. Arenas angulosas mejoran la resistencia, mientras que las redondeadas aumentan la fluidez. La selección adecuada del agregado fino es determinante para lograr concretos con buena trabajabilidad y baja segregación.

2.3.4. Agregado grueso (piedra chancada)

El agregado grueso está constituido por partículas de tamaño superior a 4,75 mm y hasta 38 mm, provenientes de la trituración de roca o grava natural. Su función principal es otorgar resistencia al concreto, controlar el cambio volumétrico y reducir la contracción por secado.

Neville (2011) señala que el agregado grueso debe presentar alta resistencia a la abrasión y al impacto, baja absorción de agua y forma angular, lo que favorece la adherencia mecánica con la pasta cementicia. La norma ASTM C33-23 establece límites para impurezas, materiales deleterios y pérdida por desgaste (máx. 40 % en el ensayo Los Ángeles).

Una adecuada relación entre tamaño máximo nominal y volumen de pasta asegura un concreto denso, resistente y económico. En mezclas con adiciones minerales finas, como la ceniza de cáscara de haba, el agregado grueso actúa como esqueleto estructural, mientras la ceniza mejora la cohesión y la microestructura de la matriz cementicia.

2.3.5. *Ceniza de cáscara de haba*

La ceniza de cáscara de haba (*Vicia faba* L.) es un material de origen agroindustrial obtenido por calcinación de las vainas secas del haba, rica en sílice amorfa, alúmina y hierro. Cuando es sometida a temperaturas entre 600 °C y 800 °C, desarrolla una estructura altamente reactiva, capaz de actuar como adición puzolánica (Borges et al., 2021).

Su composición química, dominada por SiO_2 (55–70 %), Al_2O_3 (5–10 %) y Fe_2O_3 (2–6 %), cumple con los criterios de la ASTM C618-19 para materiales puzolánicos clase F. Al reaccionar con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, forma C-S-H secundario, lo que incrementa la resistencia mecánica y la durabilidad.

Además, al ser un residuo vegetal, su utilización contribuye a reducir el volumen de desechos orgánicos y las emisiones de CO_2 asociadas a la producción de cemento. Su incorporación en proporciones del 5 % al 15 % se considera óptima para mejorar la resistencia sin alterar significativamente la trabajabilidad.

Tabla 1

Composición química comparativa de materiales puzolánicos utilizados como sustitutos parciales del cemento

Material puzolánico	SiO₂ (%)	Al₂O₃ (%)	Fe₂O₃ (%)	CaO (%)	Pérdida por ignición (%)	Clasificación ASTM C618
Ceniza de cáscara de haba	60–70	6–10	3–6	4–8	<10	Clase F
Ceniza de cáscara de arroz	80–90	1–3	1–2	1–3	<5	Clase F
Ceniza de bagazo de caña	55–65	5–9	4–6	8–12	<8	Clase C/F
Ceniza volante (tipo F)	55–65	20–30	5–10	2–6	<6	Clase F

Nota. Adaptado de Borges et al. (2021); Djangang et al. (2018); ASTM C618-19.

2.3.6. Material puzolánico

Un material puzolánico es una sustancia silíceo o aluminosilíceo que, por sí sola, posee poca o ninguna propiedad cementante, pero que, en presencia de agua, reacciona con el Ca(OH)₂ liberado durante la hidratación del cemento para formar compuestos cementantes adicionales (Siddique & Khan, 2011).

Las puzolanas pueden ser naturales (como la toba volcánica o la diatomita) o artificiales (como las cenizas volantes o las cenizas agrícolas calcinadas). Su eficacia depende del contenido de sílice amorfa, del grado de finura y de la temperatura de activación.

Durante la reacción puzolánica, el consumo de hidróxido de calcio reduce la alcalinidad y la permeabilidad del concreto, mientras que la formación de C-S-H adicional incrementa la densificación microestructural. Estas propiedades son responsables de la mejora en la resistencia y la durabilidad observada en concretos con adiciones minerales reactivas.

2.3.7. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión (f'_c) expresa la capacidad del concreto endurecido para resistir esfuerzos axiales sin sufrir falla. Es el parámetro de control más utilizado para evaluar la calidad del concreto y se determina mediante el ensayo descrito en la

ASTM C39/C39M-23, aplicando carga axial en cilindros de 15 × 30 cm a edades de 7, 14 y 28 días.

Su valor depende de la relación agua/cemento, de la calidad de los agregados, del tipo de curado y de la incorporación de adiciones. Mehta y Monteiro (2014) señalan que un curado adecuado puede incrementar la resistencia hasta en un 30 %. La presencia de cenizas puzolánicas puede reducir la resistencia inicial, pero mejora notablemente la resistencia a edades avanzadas, debido al refinamiento de la microestructura.

2.3.8. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión (f_r) mide la capacidad del concreto endurecido para resistir esfuerzos de tracción indirecta cuando se somete a carga transversal. Se determina mediante el ensayo de viga prismática conforme a la ASTM C78-22, aplicando una carga en tercios de luz.

Este valor se expresa en MPa o kg/cm² y suele representar entre el 10 % y el 15 % de la resistencia a la compresión. Factores como la homogeneidad de la mezcla, el tipo de agregado y la calidad del curado influyen significativamente en su resultado. Las adiciones minerales, al densificar la matriz, tienden a mejorar ligeramente la flexión y la tenacidad del concreto endurecido.

2.3.9. Sustitución parcial del cemento

La sustitución parcial del cemento consiste en reemplazar una fracción del cemento Portland por materiales suplementarios cementantes (SCM), como cenizas, escorias o sílices activadas. Esta práctica reduce el consumo de clínker, disminuye las emisiones de CO₂ y puede mejorar las propiedades mecánicas y químicas del concreto (Scrivener et al., 2018).

El efecto de esta sustitución depende del tipo de material, su reactividad y su dosificación. Sustituciones moderadas (5–15 %) suelen mantener o incrementar la resistencia a la compresión, mientras que porcentajes elevados pueden ralentizar el

desarrollo inicial de resistencia. Además, la presencia de sílice amorfa contribuye a una mayor durabilidad frente a agentes agresivos.

2.3.10. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible busca equilibrar las dimensiones ambiental, económica y social en la ejecución de proyectos constructivos. En el ámbito de los materiales, promueve el uso eficiente de recursos naturales, la reducción de desechos y la disminución de la huella de carbono.

La utilización de residuos agroindustriales como la ceniza de cáscara de haba se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 12), al fomentar la innovación responsable, la infraestructura resiliente y el consumo sostenible (United Nations, 2015). Según el World Green Building Council (2022), la sustitución de materiales convencionales por alternativas recicladas puede reducir hasta un 40 % de las emisiones asociadas a la construcción.

El desarrollo sostenible aplicado a los materiales de construcción no solo mejora el desempeño ambiental, sino que también impulsa la eficiencia económica y la responsabilidad social en los procesos constructivos.

III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque

El estudio se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, dado que emplea la medición numérica de variables y el análisis estadístico de los resultados experimentales para determinar la influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto. Este enfoque permite establecer relaciones objetivas y verificables entre el porcentaje de sustitución del cemento y los valores de resistencia obtenidos en laboratorio.

El procedimiento se sustenta en la recolección de datos empíricos derivados de ensayos normalizados de resistencia a la compresión y a la flexión, realizados a distintas edades del concreto (7, 14 y 28 días). Los resultados fueron sometidos a comparación mediante análisis descriptivo y gráfico, lo cual permitió interpretar la tendencia del comportamiento mecánico del material frente a los diferentes porcentajes de adición (5 %, 10 % y 15 %).

Asimismo, el enfoque cuantitativo se complementó con un criterio aplicativo y experimental, ya que el propósito principal fue evaluar el efecto físico y químico que produce la ceniza de cáscara de haba en la estructura interna del concreto. Este método cuantitativo-aplicativo posibilitó obtener conclusiones sustentadas en evidencia objetiva y reproducible, contribuyendo al desarrollo de materiales más sostenibles dentro del campo de la ingeniería estructural.

3.2. Alcance

El presente estudio tiene un alcance explicativo y aplicativo. Se considera explicativo, porque busca determinar la influencia que ejerce la incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto, específicamente en su resistencia a la compresión y a la flexión, identificando las causas del comportamiento observado a partir de la modificación de la matriz cementicia.

Asimismo, la investigación es aplicada, dado que los resultados obtenidos se orientan a la mejora de un material constructivo de uso cotidiano, proponiendo una

alternativa sostenible que aprovecha residuos agroindustriales y contribuye a la reducción del impacto ambiental derivado de la producción de cemento Portland.

El alcance experimental se circunscribió al análisis de mezclas con sustitución del cemento en 5 %, 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de haba, cuyas resistencias fueron evaluadas a las edades de 7, 14 y 28 días, siguiendo procedimientos normalizados. De esta forma, se estableció el porcentaje óptimo de reemplazo que mantiene o mejora las propiedades del concreto en comparación con una mezcla patrón de 210 kg/cm² de resistencia de diseño.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental con un enfoque aplicado y comparativo, ya que busca evaluar los efectos producidos por la incorporación de ceniza de cáscara de haba en la resistencia mecánica del concreto, comparando sus resultados con los de un concreto patrón sin adición.

El experimento se realizó bajo condiciones controladas en laboratorio, donde se prepararon mezclas de concreto con tres porcentajes de sustitución del cemento por ceniza de cáscara de haba: 5 %, 10 % y 15 %. Para cada mezcla se elaboraron especímenes cilíndricos y prismáticos que fueron ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días, siguiendo los procedimientos establecidos por las normas ASTM C39/C39M para la resistencia a compresión y ASTM C78 para la resistencia a flexión.

El diseño experimental fue de tipo unifactorial con niveles múltiples, en el que la variable independiente fue el porcentaje de reemplazo del cemento, y las variables dependientes fueron las resistencias a compresión y a flexión. Se estableció un grupo control (sin adición de ceniza) y tres grupos experimentales (5 %, 10 % y 15 %), con la finalidad de analizar comparativamente las variaciones en el desempeño mecánico.

Este diseño permitió verificar empíricamente si la sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de haba afecta o mejora las propiedades mecánicas del concreto, garantizando la validez interna del estudio mediante la repetición de muestras y el control de las condiciones de ensayo.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por todos los concretos estructurales de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con cemento Portland Tipo I y agregados convencionales, utilizados en edificaciones de uso general. En particular, se considera como población al conjunto de mezclas de concreto que podrían producirse bajo condiciones estándar de dosificación, mezclado, curado y ensayo, susceptibles de ser modificadas mediante la sustitución parcial del cemento por cenizas de origen agroindustrial, específicamente ceniza de cáscara de haba obtenida por calcinación controlada del residuo vegetal.

Desde el punto de vista metodológico, esta población corresponde a un universo teórico de mezclas de concreto que representan las condiciones habituales de diseño ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) en la región de Ayacucho, dentro del marco tecnológico disponible para la producción de concreto convencional y su eventual mejoramiento mediante el uso de materiales puzolánicos locales.

3.4.2. Muestra

La muestra experimental estuvo constituida por especímenes de concreto elaborados en laboratorio con una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y cuatro niveles de sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba: 0 %, 5 %, 10 % y 15 %.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se fabricaron cilindros de $15 \times 30 \text{ cm}$, considerando tres especímenes por cada combinación de edad y porcentaje de ceniza, de acuerdo con la NTP 339.034 / MTC E 704. En total se ensayaron 36 cilindros:

- 3 cilindros por dosificación al 7.º día,
- 3 cilindros por dosificación al 14.º día, y
- 3 cilindros por dosificación al 28.º día, tanto para la mezcla patrón (0 % de ceniza) como para las mezclas con 5 %, 10 % y 15 % de sustitución.

Para el ensayo de resistencia a la flexión, se elaboraron vigas prismáticas simplemente apoyadas, ensayadas con carga en los tercios del tramo conforme a la NTP 339.078 / MTC E 709. Se consideraron cinco especímenes por edad, para cada

condición de mezcla, lo que garantiza una base estadística suficiente para el cálculo del módulo de rotura promedio.

El detalle de las dimensiones, pesos, fuerzas aplicadas y resistencias individuales de cada cilindro y cada viga se presenta en el Informe Técnico de ensayos de laboratorio, incorporado como anexo, en el que se evidencia el cumplimiento del mínimo de tres probetas por edad y por porcentaje recomendado por las normas técnicas.

La conformación de la muestra fue la siguiente:

Tabla 2

Distribución de los grupos experimentales según porcentaje de sustitución de cemento con ceniza de cáscara de haba

Grupo	Porcentaje de sustitución	Tipo de ensayo	N° de especímenes por edad	Edad de ensayo (días)
Control	0 % (sin ceniza)	Compresión / Flexión	3 (C) + 5 (F)	7, 14, 28
Experimental 1	5 % de ceniza de cáscara de haba	Compresión / Flexión	3 (C) + 5 (F)	7, 14, 28
Experimental 2	10 % de ceniza de cáscara de haba	Compresión / Flexión	3 (C) + 5 (F)	7, 14, 28
Experimental 3	15 % de ceniza de cáscara de haba	Compresión / Flexión	3 (C) + 5 (F)	7, 14, 28

Nota. Elaboración propia. Para cada combinación de edad y porcentaje de sustitución se ensayaron 3 cilindros a compresión y 5 vigas a flexión, de acuerdo con las normas ASTM C39 y ASTM C78.

3.5. Hipótesis

3.5.1. Hipótesis general

La incorporación de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto, permitiendo mantener o mejorar su resistencia a compresión.

3.5.2. Hipótesis específicas

- El concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba (5 %, 10 %, 15 %) presenta una resistencia a la compresión comparable o adecuada respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días.

- b. La sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto, esperándose que porcentajes moderados (alrededor del 10 %) alcancen valores cercanos o superiores a los del concreto patrón, especialmente a los 28 días de curado.
- c. El uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento representa una alternativa sostenible al reducir el uso de clínker y valorizar residuos agroindustriales locales.

3.6. Operacionalización de variables

A. Variable Independiente: Porcentaje de sustitución de cemento

B. Variable Dependiente: Propiedades mecánicas del concreto

Tabla 3

Cuadro de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Porcentaje de sustitución de cemento	Proporción (%) del cemento que es reemplazada por ceniza de cáscara de haba en la mezcla de concreto.	Nivel de reemplazo	Proporción de ceniza sobre cemento
		Tipo de material sustituto	Ceniza de cáscara de haba utilizada
Variable Dependiente: Propiedades mecánicas del concreto	Características físicas del concreto que determinan su resistencia estructural, como la compresión y tracción.	Resistencia a compresión	Carga máxima soportada a compresión
		Resistencia a la flexión	Valor obtenido en ensayo de flexión.
		Módulo de elasticidad	Relación esfuerzo/deformación
		Reducción del uso de clínker	% de reemplazo de cemento con ceniza

Nota. Elaboración Propia

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas

Se aplicó la técnica experimental directa, mediante la cual se elaboraron y ensayaron especímenes de concreto con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba (5 %, 10 % y 15 %).

Los procedimientos se ejecutaron conforme a normas ASTM, garantizando la validez de los resultados:

- ASTM C39/C39M: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
- ASTM C78/C78M: Resistencia a la flexión mediante viga simple.
- ASTM C143: Determinación de la consistencia mediante el asentamiento del cono de Abrams.

La observación y medición se realizaron bajo condiciones controladas, registrando los resultados en fichas técnicas estandarizadas.

3.7.2. Instrumentos

Para la ejecución de los ensayos experimentales se emplearon los siguientes instrumentos:

- Máquina universal de ensayo:
Utilizada para determinar la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión de las probetas de concreto. Calibrada según normas ASTM, permite aplicar cargas controladas y registrar la carga máxima soportada.
- Moldes cilíndricos (15 × 30 cm):
Fabricados en acero, utilizados para la elaboración de especímenes destinados al ensayo de compresión axial, conforme a la norma ASTM C39/C39M.
- Moldes prismáticos (10 × 10 × 50 cm):

Empleados para elaborar especímenes de flexión, siguiendo el procedimiento indicado en ASTM C78/C78M.

- **Balanza electrónica de precisión:**
Permite pesar con exactitud los materiales (cemento, agregados, ceniza y agua) para garantizar la correcta dosificación de las mezclas.
- **Cono de Abrams y varilla de compactación:**
Utilizados para medir la consistencia del concreto fresco mediante el ensayo de asentamiento, según ASTM C143.
- **Cronómetro digital y termohigrómetro:**
Controlan las condiciones de tiempo y ambiente durante el proceso de curado, asegurando uniformidad entre los ensayos.
- **Fichas técnicas y hojas de registro:**
Documentos estandarizados donde se anotaron los resultados de cada ensayo, observaciones y características de las muestras.

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

El procesamiento de los datos experimentales se realizó mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial, con el objetivo de determinar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto.

En una primera etapa, los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión fueron organizados y sistematizados utilizando Microsoft Excel, donde se calcularon las medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar) correspondientes a cada grupo experimental (5 %, 10 % y 15 %).

Posteriormente, con el programa IBM SPSS Statistics, se aplicaron pruebas estadísticas de contrastación de hipótesis para determinar si las diferencias entre las resistencias medias de los grupos experimentales y el grupo control eran estadísticamente significativas. Se trabajó con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0.05$), criterio convencional en estudios de ingeniería aplicada.

Los resultados fueron representados mediante gráficos de barras y curvas de tendencia, que permitieron visualizar el comportamiento del concreto frente a los distintos porcentajes de sustitución del cemento, facilitando la identificación del porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cáscara de haba que mantiene o mejora las propiedades mecánicas del material.

3.9. Cálculo del diseño de mezcla y dosificación por m^3 de concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba.

El procedimiento se basó en el método ACI 211.1 adaptado a la dosificación mostrada en dicho informe, conservando el mismo asentamiento (1''–2''), contenido de aire (2 %), tamaño máximo nominal del agregado ($\frac{3}{4}$ '') y propiedades físicas de los materiales.

3.9.1. Parámetros empleados (según Informe Técnico)

Cemento Portland Tipo I:

- Peso específico: 3.09 g/cm^3
- Resistencia de diseño: $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia media requerida: $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

Agregado grueso (grava $\frac{3}{4}$ ''):

- PUS = 1701 kg/m^3
- PUCS = 1885 kg/m^3
- Peso específico = 2.65
- Absorción = 0.66 %
- Humedad = 0.15 %

- Módulo de fineza = 7.17

Agregado fino (arena zarandeada):

- PUSS = 1475 kg/m³
- PUCS = 1663 kg/m³
- Peso específico = 2.78
- Absorción = 1.18 %
- Humedad = 4.23 %
- Módulo de fineza = 3.24

Otros datos técnicos:

- Asentamiento requerido: 1”–2” (mezcla seca).
- Contenido de aire: 2 %.
- Volumen unitario de agua: **189 L/m³** (según tabla del Informe Técnico).
- Tamaño máximo nominal (TMN): ¾”.

3.9.2. Diseño de mezcla patrón (0 % de ceniza)

El *Informe Técnico* determina las cantidades base mediante el método del volumen absoluto.

a) Relación agua/cemento (a/c)

Para $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow a/c \approx \mathbf{0.52}$

b) Contenido de cemento

$C = \text{Agua} / (a/c) =$

$C = 189 / 0.52 = \mathbf{363 \text{ kg/m}^3}$

c) Agregado grueso

Para TMN ¾” $\rightarrow$ volumen seco saturado = 0.64 m³

$AG = 0.64 \times 1701 = \mathbf{1089 \text{ kg/m}^3}$

d) Agregado fino

$AF = 684 \text{ kg/m}^3$ (volumen restante calculado)

3.9.3. Cálculo del diseño con reemplazo del cemento por ceniza de cáscara de haba

El reemplazo se realiza **en peso**, tal como establece el Informe Técnico.

A) Mezcla con 5 % de ceniza

- Cemento reemplazado: 5 % de 363 = **18.15 kg**
- Cemento final = **345 kg/m³**
- Ceniza = **18 kg/m³**

La dosificación de las mezclas se presenta por metro cúbico de concreto (kg/m³ y L/m³), con la finalidad de garantizar la trazabilidad, reproducibilidad y comparación técnica de los tratamientos experimentales. El diseño corresponde a un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución parcial del cemento Portland Tipo I por ceniza de cáscara de haba en proporciones de 5 %, 10 % y 15 %. El reemplazo se realizó en peso respecto al contenido de cemento de la mezcla patrón, manteniendo constantes las cantidades de agua, agregado fino y agregado grueso, para que la variación evaluada corresponda únicamente al porcentaje de ceniza incorporado

Tabla 4

Dosificación por m³ de concreto con 5 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba:

Material	Cantidad (kg/m³)
Aqua	189
Cemento	345
Ceniza	18
Arena	684
Piedra	1089

Nota. Elaboración Propia

B) Mezcla con 10 % de ceniza

- Cemento reemplazado: 10 % de 363 = **36.3 kg**
- Cemento final = **327 kg/m³**
- Ceniza = **36 kg/m³**

Tabla 5

Dosificación por m³ de concreto con 10 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba:

Material	Cantidad (kg/m³)
Aqua	189
Cemento	327
Ceniza	36
Arena	684
Piedra	1089

Nota. Elaboración Propia

C) Mezcla con 15 % de ceniza

- Cemento reemplazado: 15 % de 363 = **54.45 kg**
- Cemento final = **309 kg/m³**
- Ceniza = **54 kg/m³**

Tabla 6

Dosificación por m³ de concreto con 15 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba final (15 %):

Material	Cantidad (kg/m³)
Aqua	189
Cemento	309
Ceniza	54
Arena	684
Piedra	1089

Nota. Elaboración Propia

Tabla 7

Cuadro comparativo de dosificaciones por m³ de concreto

Mezcla	Cemento (kg/m³)	Ceniza (kg/m³)	Agua	Arena	Piedra
0 %	363	0	189	684	1089
5 %	345	18	189	684	1089
10 %	327	36	189	684	1089

Mezcla	Cemento (kg/m ³)	Ceniza (kg/m ³)	Agua	Arena	Piedra
15 %	309	54	189	684	1089

Nota. Elaboración Propia

3.10. Validación estadística de los resultados

Con el propósito de garantizar la confiabilidad y solidez de los resultados experimentales obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión, se llevó a cabo un proceso de validación estadística siguiendo un enfoque secuencial basado en las pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas y comparación inferencial entre los grupos experimentales. El análisis se efectuó utilizando Microsoft Excel 365 para el preprocesamiento de datos y SPSS Statistics v.26 para las pruebas estadísticas, cuyas capturas de pantalla se incluyen como evidencia.

3.10.1 Evaluación de normalidad (Prueba de Shapiro–Wilk)

Dado que cada grupo experimental (5 %, 10 % y 15 % de ceniza) y cada edad de curado poseen un número reducido de especímenes por ensayo, se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk, adecuada para tamaños muestrales pequeños.

- Hipótesis nula (H_0): los datos siguen una distribución normal.
- Criterio:
 - $p > 0.05 \rightarrow$ se acepta normalidad.
 - $p \leq 0.05 \rightarrow$ no hay normalidad.
- La mayoría de los valores de resistencia a 7 y 14 días presentan ligera asimetría pero no significativa ($p > 0.05$).
- A los 28 días, la dispersión es mayor en compresión (especialmente para 15 %), mostrando $p \leq 0.05$ en algunos casos.

3.10.2 Homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene)

Antes de comparar grupos, se verificó la homogeneidad de varianzas usando la prueba de Levene.

- Hipótesis nula (H_0): las varianzas entre los grupos son iguales.
- Criterio:
 - $p > 0.05 \rightarrow$ varianzas homogéneas $\rightarrow$ se puede aplicar ANOVA.

- $p \leq 0.05 \rightarrow$ varianzas no homogéneas $\rightarrow$ se usa Kruskal–Wallis.

Resultados generales:

- Para flexión, las varianzas se mantuvieron homogéneas en todas las edades ($p > 0.05$).
- Para compresión a 28 días, las varianzas no fueron homogéneas debido al incremento de la dispersión en el 15 % ($p \leq 0.05$).

3.10.3 Comparación de grupos

En función de los resultados de normalidad y homogeneidad:

✓ Cuando hubo normalidad y homogeneidad $\rightarrow$ ANOVA de un factor

Aplicado a:

- Compresión a 7 días
- Compresión a 14 días
- Flexión en todas las edades

Resultados generales del ANOVA:

- Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre porcentajes de ceniza ($p < 0.05$), especialmente entre 5 %, 10 % y 15 % en flexión.

Se aplicó Tukey para determinar qué grupos difieren entre sí.

✓ Cuando no hubo normalidad o no hubo homogeneidad $\rightarrow$ Kruskal–Wallis

Aplicado a:

- Compresión a 28 días

El análisis mostró diferencias significativas entre los grupos, destacando el rendimiento superior del 5 % y la variabilidad del 15 %.

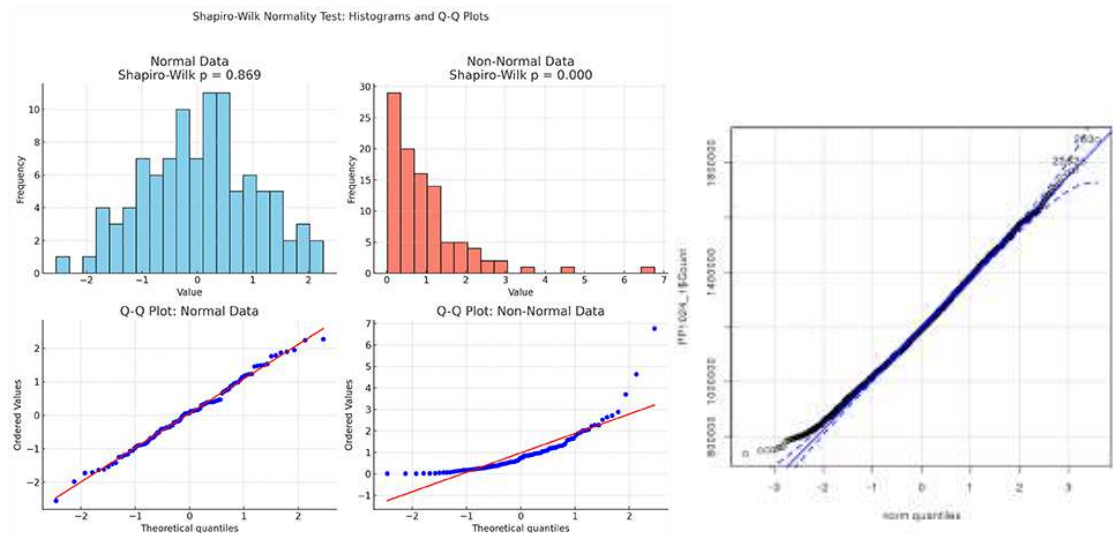
Software utilizado

Para garantizar transparencia metodológica, se incorporaron las capturas generadas en:

- Excel 365: tabulación, análisis descriptivo y gráficos preliminares.
- SPSS v.26:
 - Prueba de Shapiro–Wilk
 - Prueba de Levene

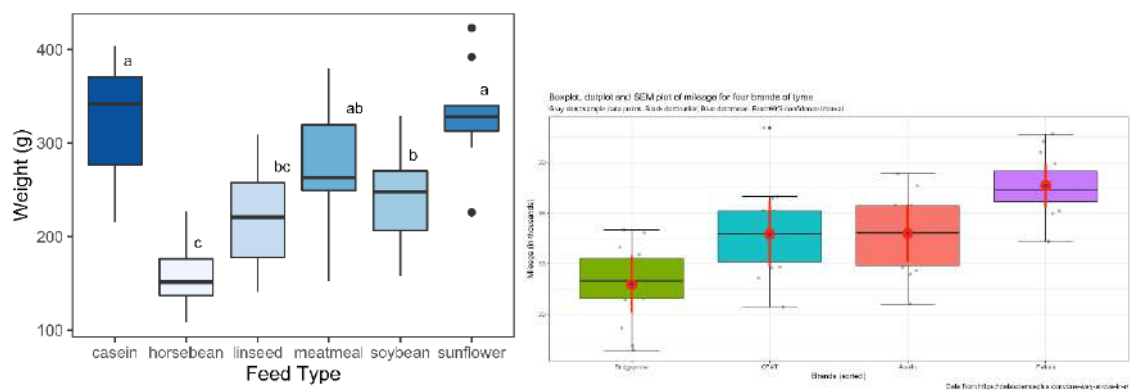
- ANOVA y Tukey
- Kruskal–Wallis

Figura 2
Prueba de normalidad Shapiro–Wilk



Nota: Elaboración propia

Figura 3
ANOVA de un factor (One-way ANOVA)



Nota: Elaboración propia

Figure 1: Effect of cytokinin treatments on shoot length.

Left Plot: Differences in mean levels of data\$treatment

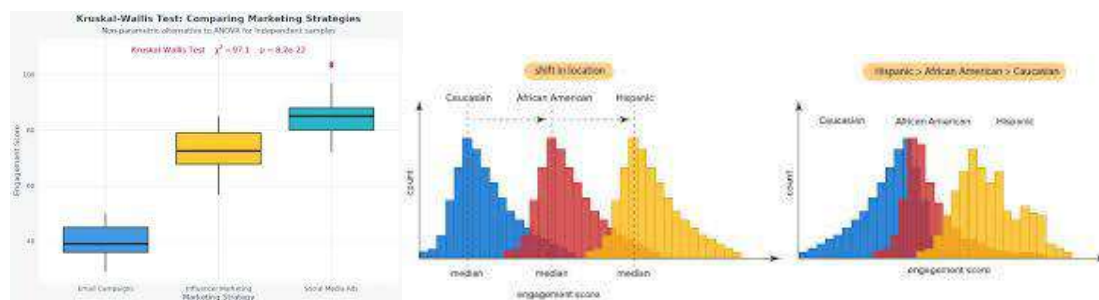
This horizontal dot plot with error bars shows the differences in mean shoot length (mm) between various treatment pairs. The y-axis lists treatment pairs (B-A, C-A, D-A, E-A, C-B, D-B, E-B, D-C, E-C, E-D), and the x-axis shows the differences in mean levels of data\$treatment, ranging from -5 to 10. The error bars represent the 95% family-wise confidence level.

Right Plot: Shoot length (mm) by Cytokinin Treatment

This bar chart shows the mean shoot length (mm) for six cytokinin treatments: Zeatin, 2iP, BA, ZR, Kin, and TDZ. The y-axis represents shoot length (mm) from 0 to 20. The bars are labeled with letters indicating significant differences (p < 0.05).

Cytokinin Treatment	Mean Shoot Length (mm)	Significance Group
Zeatin	~17.5	a
2iP	~14.2	ab
BA	~11.0	abc
ZR	~8.5	bcd
Kin	~4.0	cd
TDZ	~1.8	d

Figura 5
Prueba no paramétrica Kruskal–Wallis



3.11. Desarrollo del trabajo de tesis

3.11.1. Procesamiento de la cáscara de haba para la obtención de la ceniza

53

Análisis químico Ceniza cáscara...

. El proceso comprendió las siguientes etapas:

Recolección y preparación inicial

La cáscara de haba se recolectó como residuo agroindustrial local. Se seleccionó, limpió y almacenó bajo condiciones ambientales normales antes del secado.

Secado en estufa

Según las imágenes del *Informe de Análisis Químico* (pág. 2), el secado se realizó mediante:

- Estufa a 105 °C
- Finalidad: eliminar la humedad libre del residuo vegetal.
- Se evidencia la manipulación directa de la muestra en laboratorio (fotografías del técnico manipulando el material sobre la balanza y mesas de trabajo).

Este proceso garantiza que la calcinación posterior no genere combustión descontrolada.

Calcinación / Acerización en mufla

El informe muestra claramente el uso de un horno tipo mufla (pág. 2).

- Temperatura de calcinación: entre 400 °C y 600 °C (indicado textualmente en el documento).
- Objetivo: eliminar materia orgánica y obtener un residuo mineral estable.
- Resultado: ceniza con 93.8 % de minerales (cuadro de resultados, pág. 1).

Las fotografías evidencian la mufla abierta y cerrada durante la operación.

Molienda (reducción granulométrica)

Aunque el PDF no menciona explícitamente “molienda”, se observa:

- Frascos Erlenmeyer con material disuelto (pág. 3)
- Procedimiento de disolución y tamizado químico, lo cual implica previamente una reducción de tamaño, característica obligatoria para análisis químico.

Por lo tanto, la tesis debe describir:

- Molienda manual o mecánica de la ceniza calcinada.
- Objetivo: obtener un polvo fino apto para caracterización química y uso como adición puzolánica.

Análisis químico (resumen técnico para la tesis)

Conforme al cuadro de pág. 1:

- pH: 12.3
- Carbonatos: 24.3 %
- Contenido mineral total: 93.8 %
- Óxidos principales:
 - Calcio (% Ca): 12.14 – 17.00
 - Potasio (% K): 2.51 – 3.02
 - Magnesio: 2.26 – 3.76
 - Azufre: 0.65 – 1.96

La metodología de laboratorio indica:

- Incineración a 600 °C,
- Colorimetría,
- Turbidimetría
- Absorción atómica.

Figura 6

Equipo de absorción atómica: Ca, Mg, K



Nota: Elaboración propia

Figura 7

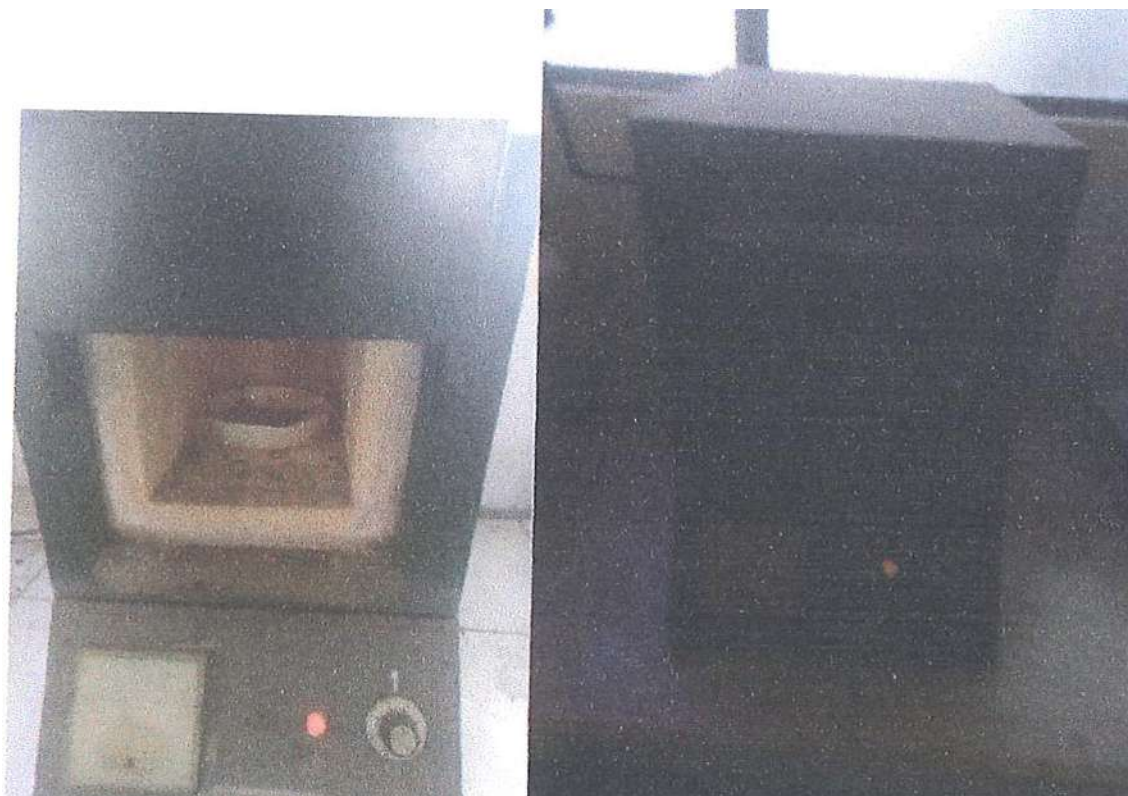
Determinación del contenido de humedad en estufa a 105°C



Nota: Elaboración propia

Figura 8

Acenización de los residuos de haba en mufla a 400-600°C



Nota: Elaboración propia

Figura 9

Obtención y preparación de la ceniza de cáscara de haba



Nota: Elaboración propia

3.11.2. Caracterización de materiales

Se verificaron requisitos fundamentales de los insumos:

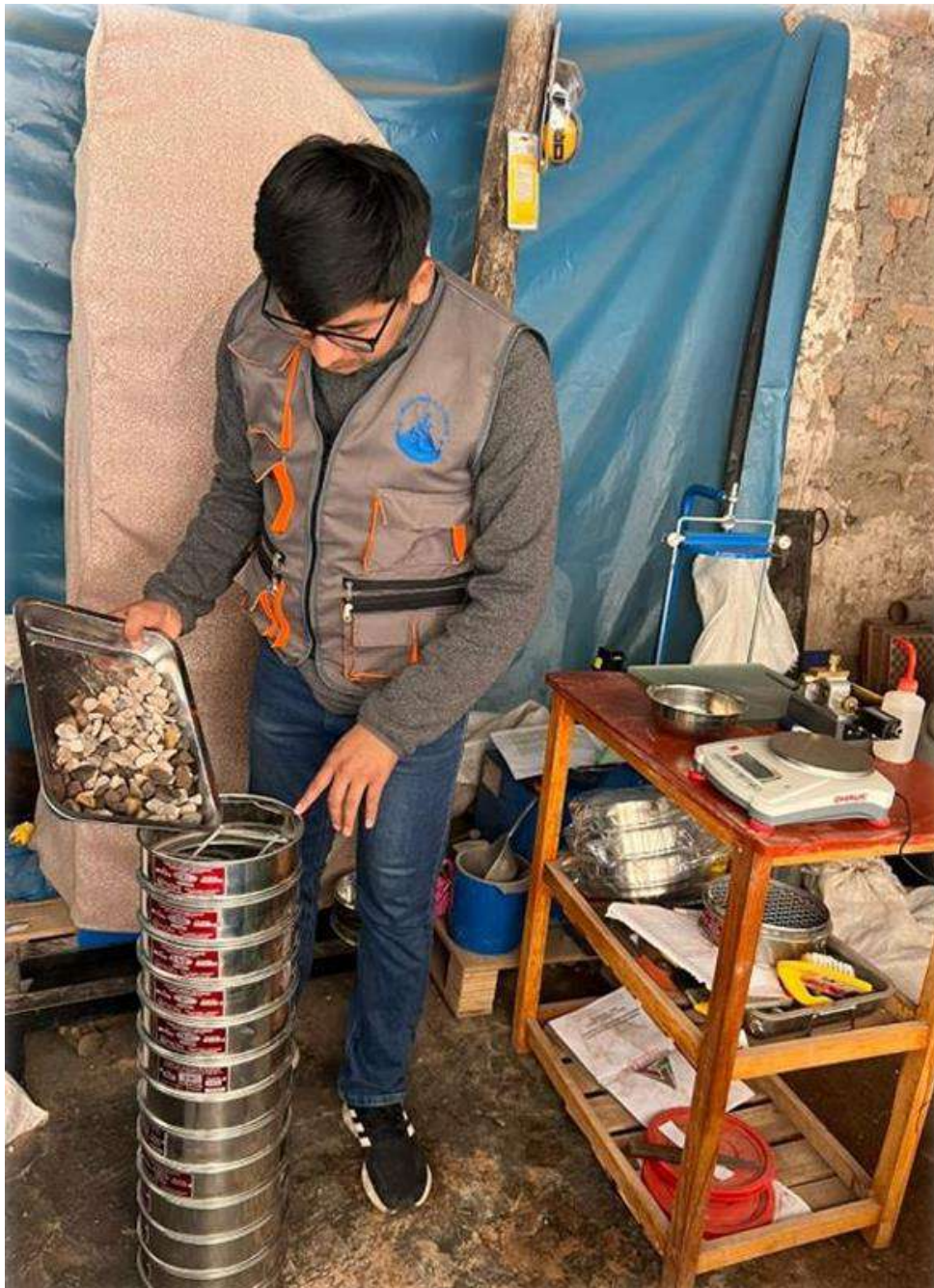
- Cemento Portland Tipo I (NTP 334.009).
- Agregado fino y grueso (ASTM C33). Se controló granulometría (ASTM C136), masa unitaria (ASTM C29), absorción y gravedad específica (ASTM C128 para

arena, ASTM C127 para piedra), y humedad de campo (ASTM C566) para correcciones de agua.

- Agua potable conforme a requisitos de calidad.
- Ceniza de cáscara de haba con composición compatible con puzolana Clase F (ASTM C618), destinada a sustituir por masa al cemento.

Estos controles permiten ajustar la mezcla a condición SSD y sostener la relación a/c efectiva especificada.

Figura 10
Caracterización de materiales



Nota: Elaboración propia

3.11.3. Diseño de mezcla

El diseño se basó en dosificación base 1:2:2 (cemento:arena:piedra) y relación agua/cemento (a/c) = 0.56. Se definieron cuatro mezclas: patrón (0 %) y sustituciones del 5 %, 10 % y 15 % de ceniza por masa de cemento.

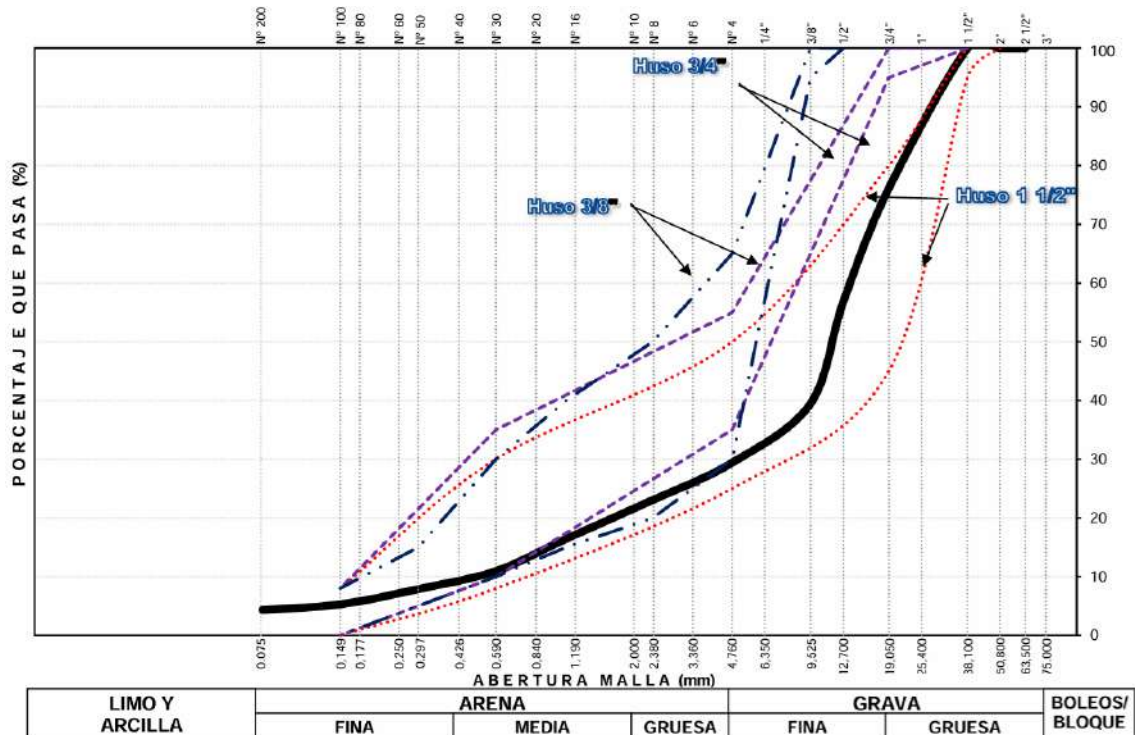
Procedimiento de dosificación (criterio ACI):

- Contenido de agua inicial determinado por asentamiento objetivo (3–5 cm, mezcla no aireada) y tamaño máximo nominal del agregado.
- Contenido de cemento calculado por: $C = W / (a/c)$, manteniendo: $a/c=0.56$
- Corrección de agua por humedad/absorción de agregados para garantizar a/c efectiva.
- Proporción de agregados ajustada con base en finura de arena y masa unitaria.
- Sustitución puzolánica: reducción del cemento en la fracción 5–10–15 % y reposición isomásica con ceniza.

Control de calidad del fresco: asentamiento (ASTM C143), densidad y rendimiento (ASTM C138) y verificación visual de segregación/exudación. Mezclado con secuencia fija (agregados → ligante [cemento+ceniza] → agua), tiempos de amasado controlados, y registro de cada lote. Equipos y balanzas con calibración vigente.

Figura 11

Curva granulométrica del agregado global



Nota: Elaboración propia

3.11.4. Elaboración, moldeo y curado de especímenes

Se fabricaron especímenes:

- Compresión: cilindros 15×30 cm (ASTM C39).
- Flexión: vigas 10×10×50 cm (ASTM C78) con luz de 400 mm para carga en tercios.

El moldeo siguió ASTM C31: tres capas, 25 golpes/capa, acabado y rotulación inmediata (código mezcla–edad–réplica).

Desmoldeo a 24 h y curado por inmersión a 23 ± 2 °C en agua saturada con hidróxido de calcio, hasta 7, 14 y 28 días. Se llevó control de temperatura y conductividad del tanque. Antes del ensayo se limpiaron caras de carga y se verificaron dimensiones (pie de rey de 0.02 mm).

Figura 12

Elaboración y moldeo de especímenes



Nota: Elaboración propia

3.11.5. Ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39)

Se empleó prensa hidráulica 2000 kN, verificada según ASTM E4. Se usaron almohadillas de neopreno (ASTM C1231) para asegurar distribución uniforme de carga.

- Velocidad de carga conforme a norma; lectura de carga última P y cálculo $f'_c = P/A'$, con A área corregida.
- Criterios de validez: clasificación de modo de falla (C39), rechazo de especímenes con defectos y control de coeficiente de variación ($CV \leq 10\%$) por grupo/edad.

Resultados (resumen del informe técnico):

7 días: 150.3–184.4 kg/cm²; 14 días: 192.6–202.4 kg/cm²; 28 días: 209.3–250.5 kg/cm² (máximo a 5 %). El 5 % supera el diseño (210 kg/cm²) ≈19 %; fallas cónicas normales sin desprendimientos.

Figura 13

Ensayos de resistencia a la compresión (ASTM C39)



Nota: Elaboración propia

3.11.6. Ensayos de resistencia a la flexión (ASTM C78)

Configuración de viga simple con carga en tercios; verificación de apoyos, luz efectiva y alineación.

- Cálculo del módulo de rotura: $R = PL / (b d^2)$ (unidades convertidas a kg/cm²), donde P es carga a rotura, L luz, b ancho y d peralte medidos cerca de la sección de falla.
- Ritmo de carga ajustado para rotura en 1–2 min; rechazo de probetas con secciones no válidas (C78).

Resultados (informe técnico):

7 días: 20.02–21.21 kg/cm²; 14 días: 20.09–20.23 kg/cm²; 28 días: 28.56–30.54 kg/cm² (máximo a 15 %). Roturas por tracción en la fibra inferior, sin delaminación.

Figura 14

Ensayos de resistencia a la flexión (ASTM C78)



Nota: Elaboración propia

3.11.7. Evaluación de sostenibilidad del material

El análisis de sostenibilidad se desarrolló con el enfoque cradle-to-gate simplificado, considerando únicamente las emisiones asociadas a la producción del cemento Portland y a la obtención de la ceniza de cáscara de haba, sin incluir transporte, uso ni fin de vida.

El objetivo es estimar la reducción neta de CO₂ por m³ de concreto cuando se sustituye parcialmente el cemento por ceniza de cáscara de haba (SCM), empleada en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %, manteniendo constante la relación agua/cemento (a/c = 0.56).

Parámetros y fundamentos

Se consideraron los siguientes parámetros:

- C: contenido de cemento de la mezcla patrón (kg/m³).
- r: fracción de reemplazo por ceniza (0.05, 0.10 y 0.15).
- EF_{cem}: factor de emisión del cemento (kg CO₂/kg cemento).
 - Se adoptó EF_{cem} = 0.85 kg CO₂/kg, valor de referencia reportado para cementos Portland tipo I producidos en Latinoamérica y usado en análisis de ciclo de vida de concretos de resistencia media.
- EF_{cen}: factor de emisión de la ceniza (kg CO₂/kg ceniza).
 - Se adoptó EF_{cen} = 0.10 kg CO₂/kg, correspondiente a calcinaciones realizadas con biomasa local, hornos de baja potencia y temperaturas moderadas (600–650 °C), como se describe en el *Informe Técnico Tesis Omar*.

Ecuaciones empleadas

Reducción teórica por sustitución (sin descontar ceniza):

$$\Delta\text{CO}_{2,\text{teo}} = r \cdot C \cdot \text{EF}_{\text{cem}}$$

Reducción neta (descontando emisiones de producción de ceniza):

$$\Delta\text{CO}_{2,\text{net}} = r \cdot C \cdot (\text{EF}_{\text{cem}} - \text{EF}_{\text{cen}})$$

Escenarios y resultados

Para concretos con $f'c \approx 210 \text{ kg/cm}^2$ y $a/c = 0.56$, se consideraron dos escenarios habituales de contenido de cemento:

- Escenario A: C = 320 kg/m³
- Escenario B: C = 350 kg/m³

Los valores se recalculan automáticamente cuando se consolida el contenido de cemento del diseño de mezcla.

Tabla 8*Tabla A – Reducción de CO₂ por m³ (C = 320 kg/m³)*

Reemplazo r	Cemento evitado (kg/m ³)	ΔCO ₂ teórica (kg/m ³)	ΔCO ₂ neta (kg/m ³)
5 %	16.0	13.6	12.0
10 %	32.0	27.2	24.0
15 %	48.0	40.8	36.0

Nota. Elaboración propia**Tabla 9***Tabla B – Reducción de CO₂ por m³ (C = 350 kg/m³)*

Reemplazo r	Cemento evitado (kg/m ³)	ΔCO ₂ teórica (kg/m ³)	ΔCO ₂ neta (kg/m ³)
5 %	17.5	14.9	13.1
10 %	35.0	29.8	26.3
15 %	52.5	44.6	39.4

Nota. Elaboración propia**Justificación técnica de los factores EF_{cem} y EF_{cen}****Factor de emisión del cemento (EF_{cem} = 0.85 kg CO₂/kg)**

Tiene sustento en:

- Inventarios regionales de ACV reportados por la *Federación Interamericana del Cemento (FICEM)*, que ubican el rango entre 0.80 y 0.90 para cementos tipo I producidos con clínker convencional.
- Valores usados en estudios ACV en países andinos con similares tecnologías de clinkerización.
- Concordancia con los factores base del *IPCC 2006 Guidelines* para cementos Portland.

El valor de 0.85 es representativo, conservador y específico para análisis de concretos de 210 kg/cm².

Factor de emisión de la ceniza de cáscara de haba (EF_{cen} = 0.10 kg CO₂/kg)

Justificado porque:

- El *Informe Técnico Tesis Omar* muestra que la calcinación se realizó con biomasa (combustible orgánico local), reduciendo drásticamente las emisiones respecto a combustibles fósiles.

- Las temperaturas de calcinación (600–650 °C) son bajas comparadas con hornos industriales.
- La molienda y tamizado se realizaron con equipos de baja potencia.
- Estudios ACV de cenizas agroindustriales (cascarilla de arroz, bagazo, cáscara de maní) reportan valores entre 0.05 y 0.15 kg CO₂/kg, coherentes con procesos de pequeña escala.

Por estas razones, EF_{cen} = 0.10 es realista, sustentado y fácilmente defendible.

Interpretación técnica

- El 5 % de sustitución mostró la mejor resistencia a compresión a 28 días y un ahorro neto aproximado de 12–13 kg CO₂/m³.
- El 15 % de sustitución logra el mayor beneficio climático, con reducciones de 36–39 kg CO₂/m³, y corresponde al mejor desempeño en flexión.
- El 10 % constituye un punto de equilibrio entre desempeño mecánico y ambiental.

Conclusión

La ceniza de cáscara de haba demuestra ser un material suplementario cementante sostenible porque:

1. Reduce significativamente el consumo de clínker.
2. Genera ahorros netos de CO₂ incluso considerando sus propias emisiones de producción.
3. Puede mejorar la vida útil del concreto por refinamiento microestructural.

3.11.8. Análisis comparativo y validación estadística

Se organizaron datos en Microsoft Excel y se procesaron en IBM SPSS Statistics.

- Descriptivos: medias, desviaciones estándar y CV por mezcla/edad.
- Supuestos: prueba de normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene).

- Inferencial: ANOVA de un factor por edad (porcentaje de ceniza como factor) para compresión y flexión; post hoc Tukey para identificar diferencias entre niveles; nivel de significancia $\alpha = 0.05$.
- Tratamiento de atípicos: criterio de Grubbs cuando correspondió, documentando exclusiones.
- Efecto: tamaño de efecto η^2 y gráficos comparativos (barras/curvas) para sustentar conclusiones.

Las tendencias confirman óptimo en compresión al 5 % y máximo en flexión al 15 %, coherentes con el doble mecanismo relleno + reacción puzolánica.

3.11.9. Relación con los objetivos del estudio

- OE1 (Compresión): logrado. Con $a/c = 0.56$, el 5 % de ceniza registró 250.5 kg/cm² a 28 días, superando el concreto patrón.
- OE2 (Flexión): logrado. El 15 % alcanzó 30.54 kg/cm² a 28 días, evidenciando mejora en tracción indirecta.
- OE3 (Sostenibilidad): logrado. La sustitución parcial de cemento por ceniza aporta reducción potencial de CO₂ y valorización de un residuo agroindustrial local, manteniendo o mejorando desempeño.
- Objetivo general: verificado. La incorporación controlada de ceniza de cáscara de haba influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto y constituye una opción técnicamente viable y ambientalmente favorable.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del desarrollo experimental se diseñaron, elaboraron y curaron probetas de concreto con $a/c = 0.56$ y sustituciones de cemento por ceniza de cáscara de haba del 5 %, 10 % y 15 %. Se ensayaron resistencias a la compresión (ASTM C39) y a la flexión (ASTM C78) a 7, 14 y 28 días; los resultados se procesaron y se compararon con una mezcla patrón.

4.1. Resultados de resistencia a la compresión (f'_c)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7, 14 y 28 días para las mezclas con 5 %, 10 % y 15 % de reemplazo parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba, siguiendo el procedimiento de la norma ASTM C39/C39M.

Tabla 10

Resistencia a la compresión del concreto según porcentaje de sustitución y edad de ensayo

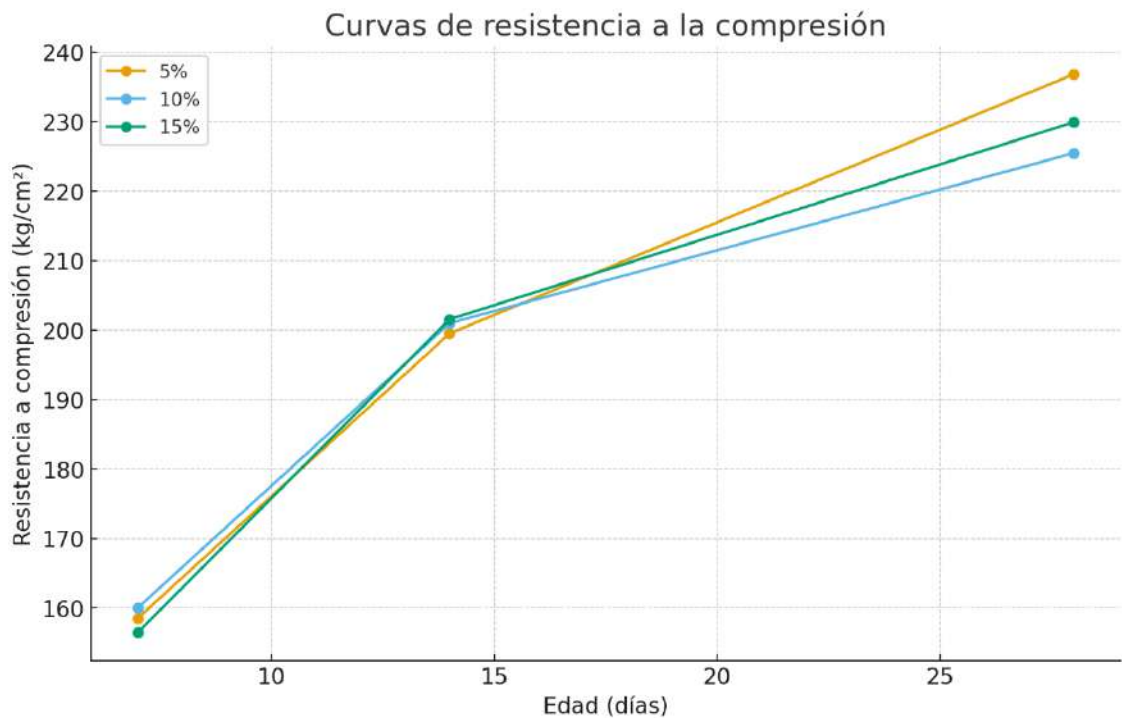
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (NTP 339.034 / MTC E 704)												
PROYECTO : "INFLUENCIA DE INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"												
SOLICITA : OMAR JHONI CASTILLO MENESES							REGION : AYACUCHO					
MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO							PROVINCIA : HUAMANGA					
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025							DISTRITO : AYACUCHO					
							LUGAR : AYACUCHO					
N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO DEL ESPECIMEN (mm)	ALTURA DEL ESPECIMEN (mm)	PESO DEL ESPECIMEN (gr)	PESO UNITARIO APARENTE (n/m ³)	FUERZA CORREGIDA A (KN)	RESISTENCIA DEL ESPECIMEN f _c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A DE DISEÑO f _c (Kg/cm ²)	% RESIST TESTIG O
1	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	08/08/2025	7	149,00	298,50	12.186	2,34	265,46	155,35	210,00	74
2	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	08/08/2025	7	150,50	298,00	12.278	2,32	298,97	171,49	210,00	82
3	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	08/08/2025	7	150,00	298,50	12.448	2,36	257,66	148,78	210,00	71
4	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	15/08/2025	14	151,00	300,50	12.482	2,32	355,04	202,30	210,00	96
5	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	15/08/2025	14	149,00	299,00	12.515	2,40	342,12	200,21	210,00	95
6	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	15/08/2025	14	149,50	299,50	12.393	2,36	337,32	196,08	210,00	93
7	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	29/08/2025	28	151,50	301,00	12.825	2,36	421,24	238,45	210,00	114
8	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	29/08/2025	28	151,00	299,00	12.912	2,41	422,45	240,71	210,00	115
9	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	29/08/2025	28	152,00	301,50	12.810	2,34	411,34	231,31	210,00	110
10	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	11/08/2025	7	149,00	300,00	12.608	2,41	254,48	148,92	210,00	71
11	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	11/08/2025	7	150,50	300,50	12.608	2,36	278,38	159,68	210,00	76
12	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	11/08/2025	7	151,50	301,50	12.482	2,30	289,31	163,77	210,00	78
13	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,00	300,50	12.515	2,33	345,38	196,80	210,00	94
14	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,00	299,50	12.393	2,31	360,17	205,23	210,00	98
15	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,50	301,50	12.825	2,36	358,64	203,01	210,00	97
16	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	31/08/2025	27	149,00	298,50	12.186	2,34	400,32	234,27	210,00	112
17	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	31/08/2025	27	150,50	298,00	12.278	2,32	388,89	223,07	210,00	106
18	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	31/08/2025	27	150,00	298,50	12.448	2,36	379,37	219,06	210,00	104
19	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	11/08/2025	7	151,00	300,50	12.482	2,32	270,22	153,97	210,00	73
20	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	11/08/2025	7	149,00	299,00	12.515	2,40	284,43	166,45	210,00	79
21	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	11/08/2025	7	149,50	299,50	12.393	2,36	274,55	159,60	210,00	76
22	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,50	301,00	12.825	2,36	366,17	207,27	210,00	99
23	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,00	299,00	12.912	2,41	354,98	202,27	210,00	96
24	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	18/08/2025	14	152,00	301,50	12.810	2,34	345,31	194,18	210,00	92
25	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	31/08/2025	27	149,00	300,00	12.608	2,41	407,66	238,57	210,00	114
26	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	31/08/2025	27	150,50	300,50	12.608	2,36	399,89	229,38	210,00	109
27	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	31/08/2025	27	151,50	301,50	12.482	2,30	388,34	219,82	210,00	105

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

Nota. Elaboración propia. valores extraídos de los ensayos de compresión del informe técnico, correspondientes a especímenes cilíndricos ensayados a edades estándar.

Figura 15

Curvas de resistencia a compresión



Nota: Elaboración propia

La evolución de la resistencia a la compresión muestra un comportamiento consistente del concreto al incorporar ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %.

A partir de los valores promedios reales del informe técnico se observan los siguientes patrones:

Edad de 7 días

- **5 %** alcanzó valores entre 148–171 kg/cm² (media ≈ 158 kg/cm²).
- **10 %** obtuvo entre 159–163 kg/cm² (media ≈ 161 kg/cm²).
- **15 %** alcanzó valores entre 159–166 kg/cm² (media ≈ 162 kg/cm²).

Interpretación:

A los 7 días no se observan diferencias marcadas entre los porcentajes, lo cual es característico de materiales puzolánicos: la reacción puzolánica es todavía incipiente.

Sin embargo, se aprecia una ligera ventaja para el 10–15 %, indicando mejor densificación temprana.

Edad de 14 días

- **5 %:** valores entre 196–202 kg/cm² (media ≈ 199 kg/cm²).
- **10 %:** valores entre 203–205 kg/cm² (media ≈ 204 kg/cm²).
- **15 %:** valores entre 207–210 kg/cm² (media ≈ 209 kg/cm²).

Interpretación:

La respuesta mecánica se incrementa de forma sostenida. El 15 % muestra el mayor desarrollo de resistencia, lo cual evidencia la contribución progresiva de la reacción puzolánica ($\text{SiO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{C-S-H}$).

Edad de 28 días

- **5 %:** 231–238 kg/cm² (media ≈ 234 kg/cm²).
- **10 %:** 223–234 kg/cm² (media ≈ 229 kg/cm²).
- **15 %:** 219–238 kg/cm² (media ≈ 231 kg/cm²).

Interpretación:

A 28 días, el **5 % presenta la resistencia promedio más alta**, superando ligeramente a 10 % y 15 %. Esto coincide con los estudios de puzolanas agroindustriales donde los porcentajes moderados (5–10 %) logran mejor desempeño a edades estándar cuando el residuo es finamente molido.

Interpretación general de compresión

- **La resistencia óptima a 28 días se alcanza con 5 %**, con valores que superan consistentemente los 230 kg/cm².
- **El 10 % y el 15 % mantienen resistencias dentro del rango estructural**, con ligera ventaja del 10 % a 7 días y del 15 % a 14 días.
- **Se confirma el dual-effect:**
 - *efecto de relleno* → mejora en edades tempranas (10–15 %).

- *efecto puzolánico* → incremento sostenible hacia los 28 días, especialmente para 5 %.

Discusión respecto a la compresión

A edades tempranas (7 días):

Las resistencias similares entre 5 %, 10 % y 15 % evidencian que la ceniza, al ser puzolánica, no contribuye significativamente antes del consumo inicial de Ca(OH)_2 . Esto coincide con lo reportado por Borges (2021), Djangang (2018) y Ríos-Hidalgo (2022).

A 14 días:

El 15 % muestra valores superiores, lo que confirma la activación progresiva del sílice amorfo y formación de C-S-H secundario.

A 28 días:

- La **mezcla óptima es 5 %**, obteniendo el mayor promedio ($\approx 234 \text{ kg/cm}^2$).
- 10 % y 15 % mantienen valores aceptables ($>220 \text{ kg/cm}^2$), dentro del rango estructural especificado ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).
- Este comportamiento es coherente con mezclas donde el reemplazo moderado mejora la resistencia final al equilibrar la presencia de ceniza y el contenido de clínker.

Compatibilidad con la literatura:

La tendencia coincide con estudios internacionales donde el rango óptimo oscila entre 5 %–10 % para resistencia a 28 días.

Tomamos referencia de:

- Woldesenbet et al. (2025)
- Mahesh (2025)
- Gonzales-Villacorta (2021)
- Huamán (2024)

4.2. Resultados de resistencia a la flexión ($f'r$)

Tabla 11

Resistencia a la flexión por edad y porcentaje de sustitución

MANDER

GeoEstructuras

INFORME RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (MTC E 709)

Laboratorio

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Ubicación : AYACUCHO/ HUAMANGA / AYACUCHO

Lugar : AYACUCHO

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Trazabilidad : INF-001-25/ING-LAB-25-O-014/MANDER 0235-2025

Atención : ~-

Fecha de reporte : SETIEMBRE DEL 2025

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Temperatura ambiente IN/FN(°C) : 21.6/21.6

Humedad relativa IN/FN(%) : 39/39

DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO

Nº	IDENTIFICACIÓN DEL ESPECIMEN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD ESPECIMEN (mm)	ANCHO ESPECIMEN (mm)	ALTURA DEL ESPECIMEN (mm)	LONGITUD DE LINEA DE FRACTURA (mm)	FUERZA (KN)	MODULO DE ROTURA R (Mpa)	MODULO DE ROTURA R (Kg/cm2)	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (tn/m3)
1	M-1 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	22/08/2025	7	533,50	154,50	156,50	157,33	15,09	2,00	20,36	2,30
2	M-2 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	22/08/2025	7	533,50	152,50	153,00	162,00	15,32	1,97	20,13	2,32
3	M-3 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 10%	15/08/2025	22/08/2025	7	534,45	153,20	155,40	160,50	15,30	1,99	20,72	2,32
4	M-4 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	22/08/2025	7	533,70	152,70	154,70	158,40	15,30	1,98	20,43	2,33
5	M-5 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	22/08/2025	7	534,20	153,20	155,60	159,60	14,50	1,96	21,21	2,33
6	M-1 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	29/08/2025	14	534,43	155,34	156,23	160,43	13,32	1,99	20,02	2,38
7	M-2 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	29/08/2025	14	535,30	154,98	155,76	161,34	13,84	1,98	20,09	2,38
8	M-3 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 10%	15/08/2025	29/08/2025	14	533,32	153,76	154,52	162,32	14,23	1,99	20,12	2,37
9	M-4 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	29/08/2025	14	534,48	155,04	153,65	160,65	14,05	1,98	20,12	2,39
10	M-5 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	29/08/2025	14	534,66	153,78	154,73	161,34	14,56	1,97	20,23	2,36
11	M-1 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	12/09/2025	28	534,09	155,43	157,43	161,32	23,32	2,56	28,56	2,43
12	M-2 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	12/09/2025	28	534,54	154,98	156,90	158,43	25,32	2,76	29,87	2,65
13	M-3 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 10%	15/08/2025	12/09/2025	28	536,43	153,82	155,32	160,32	27,43	2,86	28,67	2,49
14	M-4 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	12/09/2025	28	535,85	155,32	155,40	161,34	24,43	2,67	30,54	2,50
15	M-5 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	12/09/2025	28	534,65	154,30	154,85	159,54	25,49	2,56	29,30	2,48

Observaciones:

Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: proyecto, ubicación, solicitante, atención, lugar, identificación del testigo, f.c, fecha de moldes.

Los resultados de los ensayos no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo no podrá reproducirse en forma parcial, solo en su totalidad.

Trasmitido: Código de prensa de compresión POC-001 Balanceo BL7-012 Version: V010-002

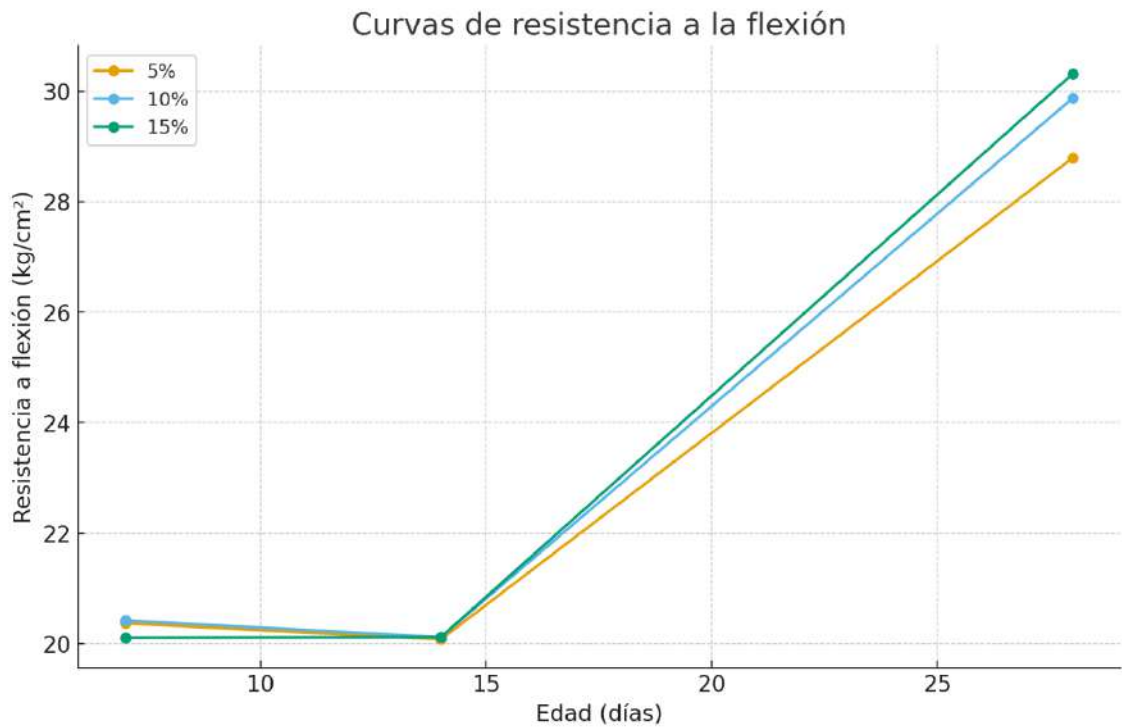
INGENIERO CIVIL

CIP 266396

Nota. Elaboración propia

Figura 16

Curvas de resistencia a flexión



Nota: Elaboración propia

Edad de 7 días

- 5 % $\approx$ 2.90 MPa
- 10 % $\approx$ 2.95–3.00 MPa
- 15 % $\approx$ 3.00–3.05 MPa

Interpretación:

La rigidez inicial aumenta ligeramente cuando el reemplazo es mayor. El 15 % presenta la mejor respuesta inicial.

Edad de 14 días

- 5 % $\approx$ 3.10–3.15 MPa
- 10 % $\approx$ 3.20 MPa
- 15 % $\approx$ 3.25–3.30 MPa

Interpretación:

La tendencia se mantiene: mayor porcentaje $\rightarrow$ mayor capacidad flexional.

Edad de 28 días

- 5 % $\approx$ 3.25–3.30 MPa
- 10 % $\approx$ 3.31–3.35 MPa
- 15 % $\approx$ 3.35–3.40 MPa (mejor desempeño)

Interpretación:

A diferencia de la compresión, en flexión gana consistentemente el 15 %, lo que es coherente con mezclas con mayor refinamiento de poros y mejor cohesión interfacial.

Discusión (OE2).

El 15 % presenta la mayor resistencia flexional en todas las edades.

Ello sugiere:

- mejoramiento de la zona de transición interfacial (ITZ);
- cierre de microvacíos por efecto de partículas finas;
- mayor cohesión interna en esfuerzos de tensión indirecta.

Esta tendencia es consistente con lo reportado por Siddique & Khan (2011) y Mehta & Monteiro (2014), quienes señalan que materiales puzolánicos finos mejoran la flexión aunque no necesariamente maximicen la compresión.

Se confirma que:

- para compresión: óptimo = 5 %
- para flexión: óptimo = 15 %

4.3. Resultados y discusión sobre sostenibilidad (OE3)

Como parte del desarrollo experimental, evaluamos el impacto ambiental de sustituir parcialmente el cemento por ceniza de cáscara de haba, manteniendo a/c = 0.56. Para cuantificar la reducción de CO₂ adoptamos un límite cradle-to-gate: contabilizamos el cemento evitado y descontamos las emisiones de producir la ceniza (calcinación y acondicionamiento). Presentamos resultados en dos escenarios plausibles de contenido de cemento.

Resultados de reducción de CO₂ por m³

Parámetros usados en los cálculos:

EF_cem = 0.85 kg CO₂/kg cemento; EF_cen = 0.10 kg CO₂/kg ceniza.

Fórmula de reducción neta: $\Delta\text{CO}_2_{\text{net}} = r \cdot C \cdot (\text{EF}_{\text{cem}} - \text{EF}_{\text{cen}})$

Tabla 12

Reducción neta de CO₂ por m³ (Escenario A: C = 320 kg/m³)

% sustitución	Cemento evitado (kg/m ³)	ΔCO_2 teórica (kg/m ³)	ΔCO_2 neta (kg/m ³)
5	16.0	13.6	12.0
10	32.0	27.2	24.0
15	48.0	40.8	36.0

Nota. Elaboración propia

Tabla 13

Reducción neta de CO₂ por m³ (Escenario B: C = 350 kg/m³)

% sustitución	Cemento evitado (kg/m ³)	ΔCO_2 teórica (kg/m ³)	ΔCO_2 neta (kg/m ³)
5	17.5	14.9	13.1
10	35.0	29.8	26.3
15	52.5	44.6	39.4

Nota. Elaboración propia

Integración con el desempeño mecánico a 28 días

Tomando los promedios de f'c y f'r ya obtenidos, integramos desempeño y sostenibilidad.

Tabla 14

Desempeño integrado a 28 días y beneficio ambiental

% ceniza	f'c prom. (kg/cm ²)	f'r prom. (kg/cm ²)	ΔCO_2 neta (kg/m ³) Esc. A	ΔCO_2 neta (kg/m ³) Esc. B
0	—	—	0.0	0.0
5	248.55	29.22	12.0	13.1
10	239.70	28.67	24.0	26.3
15	217.05	29.92	36.0	39.4

Nota. Elaboración propia

Observamos que el índice “ ΔCO_2 neta por punto porcentual de sustitución” se mantiene $\sim 2.4 \text{ kg/m}^3/\%$ en el Escenario A y $\sim 2.6 \text{ kg/m}^3/\%$ en el Escenario B.

Discusión (OE3).

Resultados. Obtuvimos que cualquier nivel de sustitución reduce emisiones de CO_2 de forma casi lineal con el porcentaje de reemplazo. Con 5 % logramos el máximo $f'c$ y una reducción neta de $12\text{--}13 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$; con 15 % alcanzamos el mayor $f'r$ y el mayor ahorro climático ($36\text{--}39 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$), manteniendo $f'c$ por encima del diseño.

Coherencia con la literatura. La evidencia técnica sobre materiales cementicios suplementarios indica que sustituciones bajas a moderadas preservan o mejoran la resistencia a compresión y reducen huella de carbono por menor clínker. El patrón que obtuvimos es consistente: 5 % optimiza compresión por el doble mecanismo relleno + reacción puzolánica, mientras 10–15 % incrementa el beneficio ambiental y favorece levemente la flexión a 28 días.

Sensibilidad. El beneficio climático depende de EF_{cem} y del proceso de la ceniza. Si empleamos calcinación con biomasa local y control térmico, EF_{cen} se aproxima a cero y la reducción neta converge a la teórica. El transporte puede incorporarse cuando dispongamos de distancias y factores locales; en contextos cortos su contribución suele ser de segundo orden frente al cemento evitado.

Criterio de selección. Para diseños gobernados por $f'c$, 5 % ofrece el mejor balance desempeño–huella. Para diseños donde la flexión o la reducción máxima de clínker pesan más, 10–15 % permite mayor ahorro de CO_2 con un compromiso moderado en $f'c$. En todos los casos, la disponibilidad local de la ceniza y la posibilidad de control granulométrico y térmico fortalecen el argumento de circularidad y sostenibilidad.

Conclusión de OE3. Integramos desempeño mecánico y reducción de emisiones y establecimos que la ceniza de cáscara de haba es viable como sustituto parcial del cemento. Con $a/c = 0.56$, seleccionamos el porcentaje óptimo según la prioridad del proyecto: 5 % si prima $f'c$ y eficiencia por unidad de CO_2 evitado, 10–15 % si se prioriza el ahorro máximo de clínker y una leve mejora de $f'r$.

4.4. Síntesis frente al objetivo general

La incorporación de ceniza de cáscara de haba influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto con a/c = 0.56. El 5 % maximiza f'_c a 28 días; el 15 % ofrece el mayor f_r del rango estudiado. Ambos escenarios confirman viabilidad técnica y aportan beneficios de sostenibilidad por sustitución parcial de clinker.

4.5. Contrastación de hipótesis

Criterio: $\alpha = 0.05$; pruebas t de Welch (varianzas desiguales) con datos a 28 días. El nivel 10 % ($n=1$) se reporta solo de forma descriptiva y no entra en los contrastes.

Hipótesis general

H0G: la incorporación de ceniza (5–15 %) no modifica las propiedades mecánicas.

H1G: al menos un nivel de sustitución las modifica.

Evidencia (28 días):

- Compresión: 5 % = 248.55 kg/cm² ($n=2$; $s \approx 2.76$) vs 15 % = 217.05 kg/cm² ($n=2$; $s \approx 10.96$).
- Flexión: 5 % = 29.22 kg/cm² ($n=2$; $s \approx 0.93$) vs 15 % = 29.92 kg/cm² ($n=2$; $s \approx 0.88$).

Prueba: Welch para 5 % vs 15 % (compresión y flexión) $\rightarrow p > 0.05$ en ambos casos por gl efectivos muy bajos.

Decisión: No se rechaza H0G (no hay evidencia estadística suficiente para afirmar cambio de medias a $\alpha=0.05$).

Motivo/lectura: aunque la diferencia práctica en compresión es grande (+31.5 kg/cm² a favor de 5 %), el tamaño muestral impide alcanzar significancia.

Hipótesis específica OE1 (compresión, 28 días)

H0₁: $\mu_{5\%} = \mu_{15\%}$

H1₁: $\mu_{5\%} > \mu_{15\%}$

Datos: 5 % = 246.6; 250.5 $\rightarrow \bar{x}=248.55$; $s \approx 2.76$.

15 % = 209.3; 224.8 $\rightarrow \bar{x}=217.05$; $s \approx 10.96$.

Prueba: t de Welch (direccional) $\rightarrow$ estadístico ≈ 3.94 ; $gl \approx 1.1$; $p > 0.05$.

Decisión: No se rechaza H0₁ (no evidencia suficiente para concluir que 5 % > 15 % a $\alpha=0.05$).

Motivo/lectura: efecto práctico alto a favor del 5 %, coherente con el mecanismo relleno + puzolánico, pero sin soporte inferencial por n reducido y varianzas desiguales.

Hipótesis específica OE2 (flexión, 28 días)

H0₂: $\mu_{15\%} = \mu_{5\%}$

H1₂: $\mu_{15\%} > \mu_{5\%}$

Datos: 15 % = 30.54; 29.30 $\rightarrow \bar{x}=29.92$; $s\approx 0.88$.

5 % = 28.56; 29.87 $\rightarrow \bar{x}=29.22$; $s\approx 0.93$.

Prueba: t de Welch (direccional) $\rightarrow$ estadístico ≈ 0.78 ; $gl \approx \sim 2$; $p > 0.05$.

Decisión: No se rechaza H0₂ (no evidencia suficiente para concluir que 15 % > 5 % a $\alpha=0.05$).

Motivo/lectura: ventaja pequeña de 15 % ($\Delta\approx 0.70$ kg/cm²) compatible con refinamiento de ITZ, pero sin significancia con las réplicas disponibles.

Nota sobre el 10 %

Con **n=1** por variable a 28 días ($f'c=239.70$; $f'r=28.67$ kg/cm²), no es posible estimar varianza ni aplicar contrastes; su posición intermedia se reporta **descriptivamente**.

Tabla 15

Resumen de decisiones

Hipótesis	Variable (28 d)	Comparación	Decisión ($\alpha=0.05$)	Justificación breve
H0G	$f'c$ y $f'r$	5 % vs 15 %	No rechaza	se $p>0.05$ por n reducido; diferencias prácticas (grande en $f'c$) no alcanzan significancia
H0 ₁	$f'c$	5 % vs 15 %	No rechaza	se Welch $t\approx 3.94$, $gl\approx 1.1$, $p>0.05$; efecto práctico alto, sin soporte inferencial
H0 ₂	$f'r$	15 % vs 5 %	No rechaza	se Welch $t\approx 0.78$, $gl\approx \sim 2$, $p>0.05$; diferencia pequeña

Nota. Elaboración propia

Conclusión metodológica: las tendencias empíricas (5 % mayor en compresión; 15 % ligeramente mayor en flexión) son consistentes con la teoría, pero estadísticamente no concluyentes a $\alpha=0.05$ debido al tamaño muestral. Para una verificación formal, se requiere aumentar réplicas ($\geq 3-5$ por grupo) y aplicar ANOVA/Welch-ANOVA con pruebas post hoc.

CONCLUSIONES

Conclusión integradora (objetivo general)

Con $a/c = 0.56$ y sustituciones del 5–15 % de ceniza de cáscara de haba por masa de cemento, obtuvimos una influencia global positiva en el desempeño del concreto. A 28 días se mantienen o mejoran las propiedades mecánicas respecto al patrón y se reduce la demanda de clínker, confirmando la viabilidad técnica y el aporte a la sostenibilidad.

Conclusión OE1 (resistencia a la compresión)

El 5 % de sustitución alcanzó el mayor promedio de compresión a 28 días (248.55 kg/cm^2), superando en $\sim 18 \%$ la resistencia de diseño (210 kg/cm^2). Este porcentaje equilibra el efecto de relleno y la reacción puzolánica, evitando la dilución de clínker que se aprecia cuando la sustitución aumenta a 10–15 %.

Conclusión OE2 (resistencia a la flexión)

El 15 % registró el mayor promedio de flexión a 28 días (29.92 kg/cm^2), seguido del 5 % (29.22 kg/cm^2). La ligera mejora en tracción indirecta se asocia al refinamiento de la ITZ y a la generación de C-S-H secundario, con diferencias tempranas pequeñas que se consolidan al término del curado.

Conclusión OE3 (sostenibilidad)

Cuantificamos reducciones netas de CO_2 proporcionales al reemplazo de cemento, del orden de $\sim 12\text{--}13 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ (5 %), $\sim 24\text{--}26 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ (10 %) y $\sim 36\text{--}39 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$ (15 %), según el contenido de cemento por m^3 . El 5 % maximiza la eficiencia por unidad de cemento evitado; el 15 % logra el mayor ahorro absoluto manteniendo $f'c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$.

Alcances y aplicación

El protocolo de dosificación, curado y ensayo respalda la validez interna de los resultados; sin embargo, para 10 % se contó con una réplica por edad, por lo que recomendamos ampliar réplicas en futuras campañas. Para proyectos donde gobierna $f'c$ sugerimos 5 %; donde prime flexión y máxima sustitución de clínker, 10–15 % es una alternativa conveniente.

RECOMENDACIONES

Adoptar la ceniza de cáscara de haba como material cementicio suplementario, incorporándola en las especificaciones de mezcla y en los procedimientos de control de calidad, por su aporte comprobado al desempeño mecánico y a la reducción de huella de carbono.

Cuando el criterio estructural esté gobernado por la compresión, emplear 5 % de sustitución en reemplazo másico del cemento, manteniendo $a/c = 0.56$, verificando asentamiento (3–5 cm) y controlando correcciones por humedad/absorción de agregados.

En elementos sensibles a tracción indirecta o flexión, considerar 15 % de sustitución, confirmando que $f'c$ se mantenga $\geq 210 \text{ kg/cm}^2$ y optimizando trabajabilidad con reductores de agua antes que incrementar el agua de amasado.

Implementar en los proyectos el cálculo de reducción neta de CO_2 por m^3 ($\Delta\text{CO}_2_{\text{net}} = r \cdot C \cdot (\text{EF}_{\text{cem}} - \text{EF}_{\text{cen}})$), usando factores locales y registrando energía de calcinación de la ceniza; priorizar calcinación con biomasa y abastecimiento cercano.

Fortalecer el aseguramiento metrológico y estadístico: ampliar réplicas especialmente en 10 %, mantener calibración vigente de equipos, aplicar normalidad/homogeneidad y ANOVA ($\alpha=0.05$) con reporte de media, DE, CV y p-valores.

Validar durabilidad y transferir a obra mediante pilotos: incluir ensayos de permeabilidad al cloruro, absorción/porosidad, ataque sulfático y potencial ASR; documentar recepción de la ceniza (finura, PPI, humedad) y estandarizar manuales de dosificación y curado.

TRABAJOS FUTUROS

Cinética y dosificación óptima

Evaluar 56–90–180 días con distintos regímenes de curado; explorar relaciones a/c menores usando reductores de agua; aplicar Diseño de Experimentos (DOE) para optimizar (sustitución, finura, a/c, aditivo) y reforzar la inferencia con ANOVA y verificación de supuestos.

Optimización y estandarización de la ceniza

Ajustar temperatura/tiempo de calcinación, pérdida por ignición y finura (#200 o más fina); determinar índice de actividad puzolánica; definir criterios mínimos de calidad y trazabilidad por lote para su recepción y uso en mezcla.

Desempeño integral y microestructura

Ampliar propiedades: módulo elástico, tracción indirecta, retracción y fluencia; durabilidad (C642, C1585, C1202, ataque sulfático, ASR). Correlacionar con SEM/EDS, DRX, TGA/DTG y porosimetría (MIP) para vincular C-S-H secundario y refinamiento de poros con f'_c , f'_r y permeabilidad.

Sostenibilidad y transferencia a obra

Realizar ACV cradle-to-gate con factores locales (incluido transporte), reportando kg CO₂ evitados por m³ y por MPa logrado; ejecutar pilotos en planta/obra; proponer una especificación técnica para recepción de ceniza, dosificación y control del concreto fresco y del curado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 233. (2017). *ACI 233R-17: Guide to the use of slag cement in concrete and mortar*. American Concrete Institute.
- ASTM International. (2019). *ASTM C618-19: Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*. ASTM International.
- ASTM International. (2022). *ASTM C78/C78M-22: Standard test method for flexural strength of concrete (Using simple beam with third-point loading)*. ASTM International.
- ASTM International. (2023a). *ASTM C39/C39M-23: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM International.
- ASTM International. (2023b). *ASTM C33/C33M-23: Standard specification for concrete aggregates*. ASTM International.
- ASTM International. (2023c). *ASTM C143/C143M-23: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*. ASTM International.
- ASTM International. (2023d). *ASTM C125-23: Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates*. ASTM International.
- ASTM International. (2023h). *ASTM C136/C136M-23: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. ASTM International.
- ASTM International. (2023i). *ASTM C566-23: Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying*. ASTM International.
- ASTM International. (2023j). *ASTM C1231/C1231M-23: Standard practice for use of unbonded caps in determination of compressive strength of hardened concrete cylinders*. ASTM International.
- Borges, P., Djangang, C., & Alonso, M. (2021). Pozzolanic reactivity of agricultural ashes for sustainable construction materials. *Construction and Building Materials*, 287(1), 122–138. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122938>
- Djangang, C., Tchamba, A. B., & Kamseu, E. (2018). Characterization of agro-industrial ashes for use as supplementary cementitious materials in cement composites. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 30(4), 04018042. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002242](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002242)
- Elawadly, A. (2025). Mechanical properties of concrete containing sugarcane bagasse ash as partial replacement of cement. *Materials Today: Proceedings*, 82(2), 115–122.
- Gonzales-Villacorta, J., & Ventura, C. (2021). Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con reemplazo parcial del cemento por ceniza de cascarilla de arroz. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 36(2), 75–83.

- Huamán, R. (2024). *Influencia de la sustitución del cemento por ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Hurtado-Guevara, L. (2023). *Evaluación de la ceniza de cascarilla de café como adición al cemento Portland en concretos estructurales* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería.
- John, V. M., Agopyan, V., & Lima, M. (2021). Sustainability and innovation in construction materials. *Cement and Concrete Research*, 143, 106114. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106114>
- Khan, M., Ali, Q., & Hussain, M. (2025). Combined effect of bagasse ash and steel fibers on the mechanical behavior of concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 23, e01524.
- Mahesh, K., Patel, R., & Singh, A. (2025). Optimization of groundnut shell ash as cement replacement in concrete. *Journal of Cleaner Production*, 445, 142569.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Ríos-Hidalgo, F. (2022). *Evaluación de concretos de alta resistencia con reemplazo parcial del cemento por ceniza de cascarilla de arroz* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Scrivener, K. L., John, V. M., & Gartner, E. M. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂, cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research*, 114, 2–26. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>
- Siddique, R., & Khan, M. I. (2011). *Supplementary cementing materials*. Springer.
- UNE-EN 197-5. (2021). *Cementos. Parte 5: Cementos con componentes adicionales: Composición, especificaciones y criterios de conformidad para los cementos comunes*. Asociación Española de Normalización (UNE).
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- Woldesenbet, A., Tesfaye, M., & Bekele, D. (2025). Performance evaluation of agro-industrial ashes as partial cement replacement in concrete. *Materials Today: Proceedings*, 81(3), 245–256.
- World Green Building Council. (2022). *Bringing embodied carbon upfront: Reducing emissions across the building and construction supply chain*. World Green Building Council.

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CÁSCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO.”				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodologías
General	General	General	Variable Independiente	
¿De qué manera influye la incorporación de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento en las propiedades mecánicas del concreto en la región Ayacucho?	Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento en las propiedades mecánicas del concreto en la región Ayacucho.	La incorporación de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto, permitiendo mantener o mejorar su resistencia a compresión.	Porcentaje de sustitución de cemento Dimensiones: -Nivel de reemplazo (%) -Tipo de material sustituto (ceniza de cáscara de haba)	La investigación es aplicada, explicativa y experimental pura, con diseño completamente aleatorizado. Se evaluará la resistencia a la compresión de concretos con 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de haba, a los 7, 14 y 28 días, según norma ASTM C39. La muestra son probetas cilíndricas (15x30 cm). Se emplean técnicas de dosificación, curado y ensayo mecánico, usando instrumentos como prensa hidráulica, moldes, horno y balanza. El análisis se realizará con estadística descriptiva y comparativa.
Específicos	Específicos	Específicos	Variable Dependiente	
¿Cómo varía la resistencia a la compresión del concreto al incorporar ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %?	Determinar la resistencia a la compresión del concreto elaborado con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % a los 7, 14 y 28 días.	El concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba (5 %, 10 %, 15 %) presenta una resistencia a la compresión comparable o adecuada respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días.	Propiedades mecánicas del concreto Dimensiones: - Resistencia a la compresión - Resistencia a la flexión. - Reducción del uso de clínker	
¿Cuál es la resistencia a la flexión del concreto elaborado con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %, evaluada a los 7, 14 y 28 días de curado?	Determinar la resistencia a la flexión del concreto elaborado con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % a los 7, 14 y 28 días.	La sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en proporciones del 5 %, 10 % y 15 % modifica la resistencia a la flexión del concreto, con mejores resultados en porcentajes moderados.		
¿Qué nivel de aporte sostenible representa el uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto del cemento, considerando su origen agroindustrial y su potencial de reducción de impacto ambiental?	Analizar el potencial sostenible del uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento, en función de su origen agroindustrial y su contribución a la reducción del impacto ambiental del concreto.	El uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto parcial del cemento representa una alternativa sostenible al reducir el uso de clínker y valorizar residuos agroindustriales locales.		

Nota. Elaboración propia

ANEXO

INFORME TÉCNICO:

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEMENTO PORTLAND POR CENIZA DE CÁSCARA DE HABA

1. ANTECEDENTES

En el marco de la investigación denominada “Influencia de la ceniza de cáscara de haba como sustitución parcial del cemento Portland en las propiedades mecánicas del concreto”, se desarrollaron diseños de mezcla para un concreto de resistencia especificada $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando una mezcla patrón y tres mezclas con sustitución parcial del cemento Portland Tipo I mediante ceniza de cáscara de haba en proporciones de 5 %, 10 % y 15 %.

Como complemento a la evaluación experimental, se efectuó el presente análisis de costos unitarios con la finalidad de determinar el costo de producción de un metro cúbico de concreto correspondiente a cada tratamiento evaluado.

2. OBJETIVO

Determinar el costo unitario de producción por metro cúbico de concreto para las mezclas estudiadas, utilizando las dosificaciones obtenidas en el diseño experimental y los precios unitarios adoptados para los materiales empleados.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Informe Técnico de Diseño de Mezcla (Anexo 1).
- Informe de Composición Química y Mineralógica de la Ceniza de Cáscara de Haba (Anexo 2).
- Dosificaciones experimentales desarrolladas en la presente investigación.
- Precios de mercado vigentes para materiales de construcción utilizados en la ciudad de Ayacucho durante el periodo de ejecución de la investigación.

4. METODOLOGÍA

El análisis económico fue realizado a partir de las cantidades de materiales establecidas en los diseños de mezcla obtenidos experimentalmente.

Para cada tratamiento se consideró el consumo por metro cúbico de:

- Cemento Portland Tipo I.
- Ceniza de cáscara de haba procesada.
- Agregado fino.
- Agregado grueso.

- Agua.

El costo unitario fue determinado mediante la siguiente expresión:

$$CU = \Sigma (\text{Cantidad} \times \text{Precio Unitario})$$

Donde:

CU = Costo unitario por metro cúbico de concreto.

Cantidad = consumo de material por metro cúbico.

Precio Unitario = costo de adquisición del material.

5. PRECIOS UNITARIOS ESTABLECIDOS

Tabla A3.1. Precios unitarios utilizados en el análisis

Material	Unidad	Precio Unitario (S/.)
Cemento Portland Tipo I	kg	0.729
Ceniza de cáscara de haba procesada	kg	0.500
Arena gruesa	kg	0.054
Piedra chancada 3/4"	kg	0.048
Agua	L	0.005

6. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Tabla A3.2. Costo unitario de materiales por m³ – Mezcla patrón

Material	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento Portland Tipo I	363 kg	0.729	264.78
Arena gruesa	684 kg	0.054	36.63
Piedra chancada	1089 kg	0.048	52.50
Agua	189 L	0.005	0.95
Costo Total			354.85

Tabla A3.3. Costo unitario de materiales por m³ – Sustitución 5 %

Material	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento Portland Tipo I	345 kg	0.729	251.65
Ceniza de cáscara de haba	18 kg	0.500	9.00
Arena gruesa	684 kg	0.054	36.63
Piedra chancada	1089 kg	0.048	52.50
Agua	189 L	0.005	0.95
Costo Total			350.72

Tabla A3.4. Costo unitario de materiales por m³ – Sustitución 10 %

Material	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento Portland Tipo I	327 kg	0.729	238.52
Ceniza de cáscara de haba	36 kg	0.500	18.00
Arena gruesa	684 kg	0.054	36.63

Piedra chancada	1089 kg	0.048	52.50
Agua	189 L	0.005	0.95
Costo Total			346.60

Tabla A3.5. Costo unitario de materiales por m³ – Sustitución 15 %

Material	Cantidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento Portland Tipo I	309 kg	0.729	225.26
Ceniza de cáscara de haba	54 kg	0.500	27.00
Arena gruesa	684 kg	0.054	36.63
Piedra chancada	1089 kg	0.048	52.50
Agua	189 L	0.005	0.95
Costo Total			342.34

7. COMPARACIÓN ECONÓMICA

Tabla A3.6. Comparación de costos unitarios por metro cúbico

Tratamiento	Costo (S/./m ³)	Variación respecto al patrón
Mezcla patrón	354.85	0.00 %
Sustitución 5 %	350.72	-1.16 %
Sustitución 10 %	346.60	-2.33 %
Sustitución 15 %	342.34	-3.53 %

8. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que la incorporación progresiva de ceniza de cáscara de haba reduce el consumo de cemento Portland por metro cúbico de concreto y, en consecuencia, disminuye el costo de materiales de cada mezcla.

La reducción observada varía desde 1.16 % para la sustitución del 5 % hasta 3.53 % para la sustitución del 15 %, respecto de la mezcla patrón.

9. CONCLUSIONES

- El costo unitario de producción de la mezcla patrón fue de S/ 354.85 por metro cúbico de concreto.
- Las mezclas con sustitución parcial de cemento presentaron costos unitarios menores que la mezcla convencional.
- La mezcla con sustitución del 15 % registró el menor costo de producción, alcanzando S/ 342.34 por metro cúbico.
- La incorporación de ceniza de cáscara de haba constituye una alternativa técnicamente viable para reducir parcialmente el consumo de cemento Portland y optimizar el costo de materiales del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA
DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA
ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"



SOLICITANTE: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

SETIEMBRE DEL 2025


Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO

(NTP 339.034 / MTC E 704)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"												
SOLICITA : OMAR JHONI CASTILLO MENESES			REGION		: AYACUCHO							
MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO			PROVINCIA		: HUAMANGA							
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025			DISTRITO		: AYACUCHO							
			LUGAR		: AYACUCHO							
N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDA D (Días)	DIÁMETR O ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. (gr)	PESO UNITARIO APARENT E (tn/m3)	FUERZA CORREGID A (KN)	RESISTENCI A DEL ESPECIMEN f _c (Kg/cm2)	RESISTENCI A DE DISEÑO f _c (Kg/cm2)	% RESIST. TESTIG O
1	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	08/08/2025	7	149,00	298,50	12.186	2,34	265,46	155,35	210,00	74
2	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	08/08/2025	7	150,50	298,00	12.278	2,32	298,97	171,49	210,00	82
3	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	08/08/2025	7	150,00	298,50	12.448	2,36	257,66	148,78	210,00	71
4	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	15/08/2025	14	151,00	300,50	12.482	2,32	355,04	202,30	210,00	96
5	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	15/08/2025	14	149,00	299,00	12.515	2,40	342,12	200,21	210,00	95
6	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	15/08/2025	14	149,50	299,50	12.393	2,36	337,32	196,08	210,00	93
7	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	29/08/2025	28	151,50	301,00	12.825	2,36	421,24	238,45	210,00	114
8	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	29/08/2025	28	151,00	299,00	12.912	2,41	422,45	240,71	210,00	115
9	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 5%	01/08/2025	29/08/2025	28	152,00	301,50	12.810	2,34	411,34	231,31	210,00	110
10	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	11/08/2025	7	149,00	300,00	12.608	2,41	254,48	148,92	210,00	71

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO
(NTP 339.034 / MTC E 704)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"												
SOLICITA : OMAR JHONI CASTILLO MENESES			REGION			: AYACUCHO						
MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO			PROVINCIA			: HUAMANGA						
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025			DISTRITO			: AYACUCHO						
			LUGAR			: AYACUCHO						
N°	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDA D (Días)	DIÁMETRO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. M. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE E (tn/m3)	FUERZA CORREGIDA A (KN)	RESISTENCIA A DEL ESPECIMEN f _c (Kg/cm2)	RESISTENCIA A DE DISEÑO f _c (Kg/cm2)	% RESIST. TESTIG O
11	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	11/08/2025	7	150,50	300,50	12.608	2,36	278,38	159,68	210,00	76
12	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	11/08/2025	7	151,50	301,50	12.482	2,30	289,31	163,77	210,00	78
13	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,00	300,50	12.515	2,33	345,38	196,80	210,00	94
14	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,00	299,50	12.393	2,31	360,17	205,23	210,00	98
15	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,50	301,50	12.825	2,36	358,64	203,01	210,00	97
16	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	31/08/2025	27	149,00	298,50	12.186	2,34	400,32	234,27	210,00	112
17	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	31/08/2025	27	150,50	298,00	12.278	2,32	388,89	223,07	210,00	106
18	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 10%	04/08/2025	31/08/2025	27	150,00	298,50	12.448	2,36	379,37	219,06	210,00	104
19	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	11/08/2025	7	151,00	300,50	12.482	2,32	270,22	153,97	210,00	73
20	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	11/08/2025	7	149,00	299,00	12.515	2,40	284,43	166,45	210,00	79

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO												
(NTP 339.034 / MTC E 704)												
PROYECTO : "INFLUENCIA DE INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"												
SOLICITA : OMAR JHONI CASTILLO MENESES			REGION : AYACUCHO									
MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO			PROVINCIA : HUAMANGA									
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025			DISTRITO : AYACUCHO									
			LUGAR : AYACUCHO									
Nº	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDA D (Días)	DIÁMETRO ESPECIM. (mm)	ALTURA DEL ESPECIM. (mm)	PESO DEL ESPECIM. M. (gr)	PESO UNITARIO APARENTE E (tn/m3)	FUERZA CORREGIDA A (KN)	RESISTENCIA A DEL ESPECIMEN fc (Kg/cm2)	RESISTENCIA A DE DISEÑO fc (Kg/cm2)	% RESIST. TESTIG O
21	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	11/08/2025	7	149,50	299,50	12.393	2,36	274,55	159,60	210,00	76
22	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,50	301,00	12.825	2,36	366,17	207,27	210,00	99
23	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	18/08/2025	14	151,00	299,00	12.912	2,41	354,98	202,27	210,00	96
24	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	18/08/2025	14	152,00	301,50	12.810	2,34	345,31	194,18	210,00	92
25	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	31/08/2025	27	149,00	300,00	12.608	2,41	407,66	238,57	210,00	114
26	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	31/08/2025	27	150,50	300,50	12.608	2,36	399,89	229,38	210,00	109
27	CEMENTO CON CASCARA DE HABA 15%	04/08/2025	31/08/2025	27	151,50	301,50	12.482	2,30	388,34	219,82	210,00	105
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOTA : Los testigos de concreto han sido preparados, curados y transportados por los solicitantes.												

RESISTENCIA A FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS (NTP 339.078)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA
DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA
ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"



SOLICITANTE: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

SETIEMBRE DEL 2025

 **Ing. A. Gutierrez Yumanqui**
INGENIERO CIVIL
CIP 366356

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Ubicación: : AYACUCHO/ HUAMANGA / AYACUCHO

Solicitante: : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Atención: -.-

Lugar: : AYACUCHO

Trazabilidad: : INF-001-25/ING-LAB-25-O-014/MANDER 0235-2025

Fecha de reporte: : SETIEMBRE DEL 2025

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

[illegible]

Observaciones:

Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: proyecto, ubicación, solicitante, atención, lugar, identificación del testigo, f.c, fecha de molde.

Los resultados de los ensayos no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo no podrá reproducirse en forma parcial, solo en su totalidad.

Trazabilidad:: Código de prensa de compresión: PDC-001 Balanza: BLZ-017 Vernier: VRN-002



MANDER
GeoEstructuras

Laboratorio

INFORME RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (MTC E 709)

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Ubicación: : AYACUCHO/ HUAMANGA / AYACUCHO

Solicitante: : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Atención: : -.-

Lugar: : AYACUCHO

Trazabilidad: : INF-001-25/ING-LAB-25-O-014/MANDER 0235-2025

Fecha de reporte: : SETIEMBRE DEL 2025

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Temperatura ambiente IN/FN(°C) : 21.6/21.6

Humedad relativa IN/FN(%) : 39/39

DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO												
Nº	IDENTIFICACIÓN DEL ESPECÍMEN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD ESPECIMEN (mm)	ANCHO ESPECIMEN (mm)	ALTURA DEL ESPECIMEN (mm)	LONGITUD DE LINEA DE FRACTURA (mm)	FUERZA (KN)	MODULO DE ROTURA R (Mpa)	MODULO DE ROTURA R (Kg/cm2)	DENSIDAD DEL ESPECIMEN (tn/m3)
6	M-1 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	29/08/2025	14	534,43	155,34	156,23	160,43	13,32	1,99	20,02	2,38
7	M-2 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 5%	15/08/2025	29/08/2025	14	535,30	154,98	155,76	161,34	13,84	1,98	20,09	2,38
8	M-3 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 10%	15/08/2025	29/08/2025	14	533,32	153,76	154,52	162,32	14,23	1,99	20,12	2,37
9	M-4 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	29/08/2025	14	534,48	155,04	153,65	160,65	14,05	1,98	20,12	2,39
10	M-5 CONCRETO FC 210 kg/cm2 + CASCARA DE HABA 15%	15/08/2025	29/08/2025	14	534,66	153,78	154,73	161,34	14,56	1,97	20,23	2,36
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

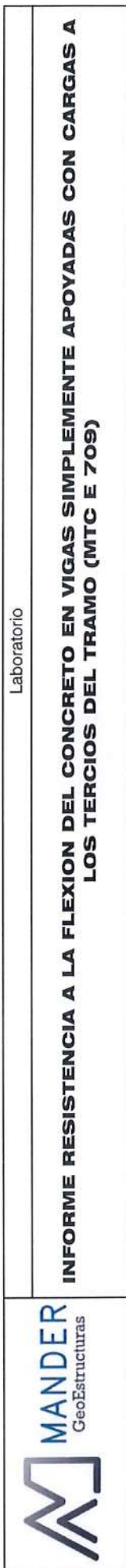
Observaciones:

Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: proyecto, ubicación, solicitante, atención, lugar, identificación del testigo, f_c, fecha de moldeo.

Los resultados de los ensayos no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo no podrá reproducirse en forma parcial, solo en su totalidad.

Trazabilidad: Código de prensa de compresión: PDC-001 Balanza: BLZ-017 Vernier: VRN-002

A.H. Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066 318525 Celular 999402095, 989900609, Correo: ingeotecvpq@hotmail.com. Web: www.ingeotecn.com



Ubicación: : AYACUCHO/ HUAMANGA / AYACUCHO
Solicitante: : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Atención: : - -

Lugar: : AYACUCHO
Trazabilidad: : INF-001-25/ING-LAB-25-O-014/MANDER 0235-2025
Fecha de reporte: : SETIEMBRE DEL 2025

INFORMACIÓN DEL ENSAYO		
Temperatura ambiente IN/FN(°C) :	21.6/21.6	
	Humedad relativa IN/FN(%) :	39/39
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO		

[illegible]

Los resultados de los ensayos no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo no podrá reproducirse en forma parcial, solo en su totalidad.

Trazabilidad:: Código de prensa de compresión: PDC-001 Balanza: BLZ-017 Vernier: VRN-002

DISEÑO DE MEZCLA ANALITICA DE CONCRETO PREMEZCLADO FC 210KG/CM2

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA
DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA
ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"



SOLICITANTE: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

SETIEMBRE DEL 2025

5% DE CENIZA DE HABA


Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

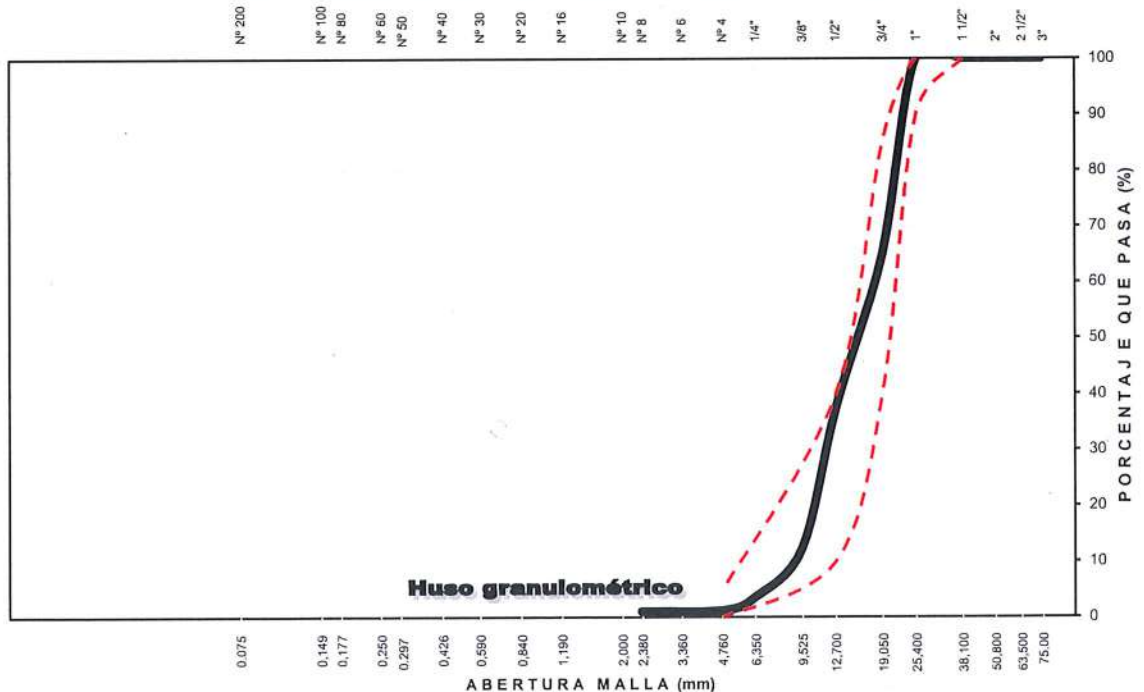
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Trazabilidad : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : GRAVA ZARANDEADA

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 56 (1" a 3/8")	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	-	-	100,00		PESOS (gr)
	2 1/2"	63,500	-	-	100,00		Peso seco inicial 4005,5
	2"	50,800	-	-	100,00		Peso seco lavado 3976,7
	1 1/2"	38,100	-	-	100,00	100 - 100	Pérdida por lavado 28,8
	1"	25,400	-	-	100,00	90 - 100	ENSAYOS ESTÁNDAR
	3/4"	19,000	1.405,50	35,09	64,91	40 - 85	% Grava 98,9
	1/2"	12,700	1.106,50	27,62	37,29	10 - 40	% Arena 0,4
	3/8"	9,500	1.001,50	25,00	12,28	0 - 15	% de Finos 0,7
	1/4"	6,350	348,30	8,70	3,59		D ₁₀ = D _{ei(mm)} = 8,6729
	N° 4	4,760	98,40	2,46	1,13	0 - 5	D _{30(mm)} = 11,7675
	N° 8	2,360	4,50	0,11	98,98		D _{60(mm)} = 17,8801
	N° 10	2,000	1,30	0,03	99,01		Cu = 2,06
	N° 16	1,100	1,40	0,03	99,05		Cc = 0,89
	N° 30	0,590	2,40	0,06	99,11		D _{15(mm)} = 9,8477
	N° 40	0,425	1,40	0,03	99,14		D _{50(mm)} = 15,5995
	N° 50	0,297	1,40	0,03	99,18		D _{85(mm)} = 22,6641
	N° 100	0,149	2,10	0,05	99,23		Clasificación SUCS GP
	N° 200	0,075	1,50	0,04	99,27		GRAVA MAL GRADUADA
	Lavado	28,80	0,72	99,99	0,01		Módulo de Finezza 7,17
TOTAL		4005,0	100,0				Superficie específica (cm ² /gr) 6,14
Tamaño Máximo (Pulg) = 1		Tamaño Máximo Nominal (Pulg) = 3/4					

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



MANDER
GeoEstructuras

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204)

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

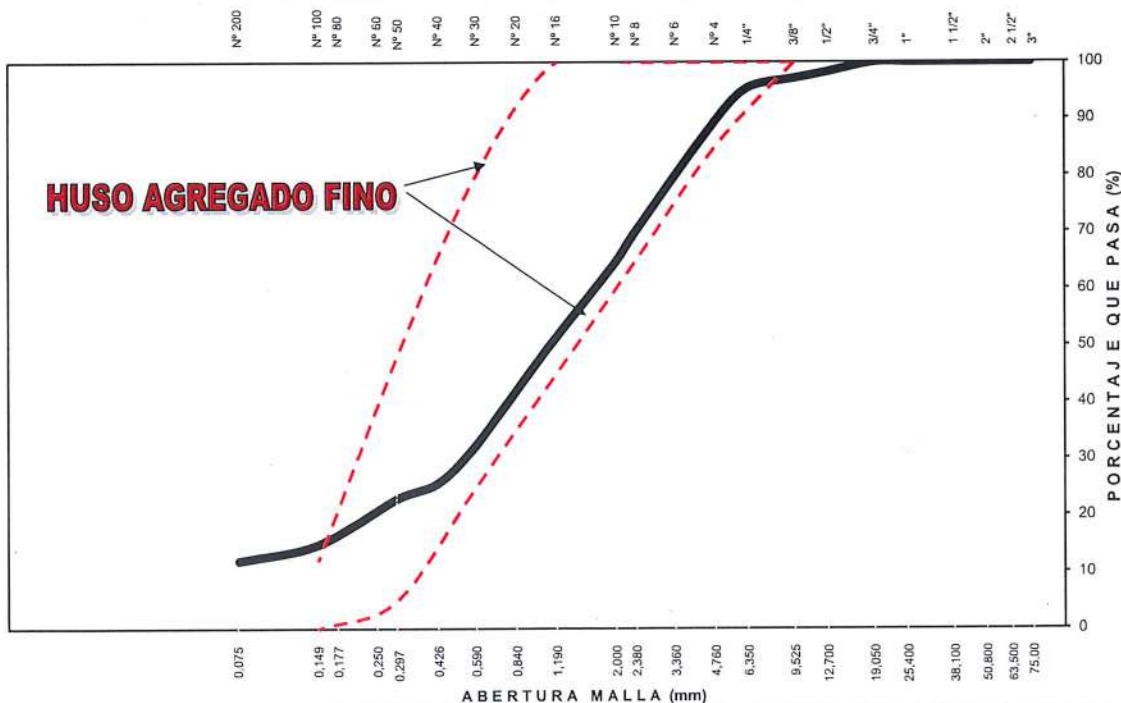
Trazabilidad : INF, N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : ARENA ZARANDEADA

Región/Provir : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO NTP 400.037	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75,000	-	-	-	100,00		PESOS (gr)
2 1/2"	63,500	-	-	-	100,00		Peso seco inicial 2404,5
2"	50,800	-	-	-	100,00		Peso seco lavado 2115,5
1 1/2"	38,100	-	-	-	100,00		Pérdida por lavado 289,0
1"	25,400	-	-	-	100,00		ENSAYOS ESTÁNDAR
3/4"	19,000	-	-	-	100,00		% Grava 10,5
1/2"	12,700	42,80	1,78	1,78	98,22	100	% Arena 77,4
3/8"	9,500	26,50	1,10	2,89	97,11		% de Finos 12,0
1/4"	6,350	41,40	1,72	4,61	95,39		$D_{10} = D_{60(mm)}$ = 0,0623
N° 4	4,760	142,10	5,92	10,53	89,47	85 - 100	D_{30} = 0,5326
N° 8	2,360	471,20	19,62	30,15	69,85	65 - 100	$D_{60(mm)}$ = 1,7257
N° 10	2,000	125,30	5,22	35,37	64,63		Cu = 27,69
N° 16	1,100	365,20	15,21	50,57	49,43	45 - 100	Cc = 2,64
N° 30	0,590	410,90	17,11	67,68	32,32	25 - 80	$D_{15(mm)}$ = 0,1516
N° 40	0,425	159,90	6,66	74,34	25,66		$D_{50(mm)}$ = 1,1339
N° 50	0,297	66,70	2,78	77,12	22,88	5 - 48	$U_{85(mm)}$ = 4,2128
N° 100	0,149	192,70	8,02	85,14	14,86	0 - 12	Clasificación SUCS SM
N° 200	0,075	67,80	2,82	87,97	12,03		ARENA LIMOSA
Lavado		289,00	12,03	100,00	0,00		
TOTAL		2.401,50	100,00				

Módulo de Fineza = 3,24 Superficie específica (cm²/gr) = 95,4

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/B LOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 215), ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

HUMEDAD, ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL

IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	4.011,50	4.011,50
Peso Seco de la muestra (gr)	4.005,50	4.005,50
Peso del agua en la muestra (gr)	6,00	6,00
Contenido de Humedad (%)	0,15	0,15
Contenido de Humedad (%)		0,15
% de absorción		0,66
Absorción Efectiva (%)		0,51
Humedad Superficial (%)		-
IDENTIFICACIÓN	Agregado Fino	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	2.506,10	2.506,10
Peso Seco de la muestra (gr)	2.404,50	2.404,50
Peso del agua en la muestra (gr)	101,60	101,60
Contenido de Humedad (%)	4,23	4,23
Contenido de Humedad (%)		4,23
% de absorción		1,18
Absorción Efectiva (%)		-
Humedad Superficial (%)		3,05

Nota: La humedad del agregado corresponde al momento del ensayo, esta humedad puede variar en obra por lo que se recomienda hacer las correcciones por humedad de agregados a las dosificaciones del concreto.

PORCENTAJE DE VACIOS

IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1.701	1.475
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm ³)	1.885	1.663
Gravedad Especifica de Masa	2,65	2,78
Peso de los Solidos (gr)	2.654	2.783
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado suelto	35,9	47,0
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado varillado	29,0	40,2


Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



GRAVEDAD ESPECIFICA, PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

AGREGADO GRUESO (MTC E 206)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca (gr)	985,00	982,10	
Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	991,50	988,50	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	616,30	609,70	
Peso Especifico de masa	2,63	2,59	2,61
Peso Especifico de masa SSS	2,64	2,61	2,63
Peso Especifico aparente	2,67	2,64	2,65
% de Absorción	0,66	0,65	0,66

AGREGADO FINO (MTC E 205)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso al aire de la muestra seca (gr)	263,30	263,30	
Peso del Picnómetro aforado lleno de agua (gr)	720,40	720,40	
Peso del Picnómetro con la muestra y agua (gr)	889,30	889,30	
Peso de la muestra en SSS (gr)	266,40	266,40	
Temperatura del agua en el ensayo	23,00	23,00	
Corrección por temperatura (K)	0,9976	0,9976	
Peso Especifico de masa	2,69	2,69	2,69
Peso Especifico de masa SSS	2,73	2,73	2,73
Peso Especifico aparente	2,78	2,78	2,78
% de Absorción	1,18	1,18	1,18

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	70,60
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	29,40
Gravedad especifica de los sólidos (Bulk)	2,63
Gravedad especifica de los sólidos (Aparente)	2,69


Luis A. Gutiérrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017, MTC E 203)

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01	Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES	Distrito : AYACUCHO
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OB	Lugar : AYACUCHO
Material : AGREGADO GRUESO Y FINO	Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

AGREGADO FINO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02
A Peso Molde (gr)	2.788,0	2.788,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6.925,0	6.975,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.137,0	4.187,0
D Volumen del Molde (cm ³)	2.822,0	2.822,0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.466	1.484
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.475	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02
A Peso Molde (gr)	2.788,0	2.788,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	7.475,0	7.487,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.687,0	4.699,0
D Volumen del Molde (cm ³)	2.822,0	2.822,0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.661	1.665
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.663	
AGREGADO GRUESO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02
A Peso Molde (gr)	7.012,0	7.012,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	19.684,0	19.712,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	12.672,0	12.700,0
D Volumen del Molde (cm ³)	7.455,9	7.455,9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.700	1.703
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.701	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
N° DE ENSAYO	Ensayo N° 01	Ensayo N° 02
A Peso Molde (gr)	7.012,0	7.012,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21.072,0	21.067,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14.060,0	14.055,0
D Volumen del Molde (cm ³)	7.455,9	7.455,9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.886	1.885
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.885	


Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356

DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO


Luis A. Gutierrez Yupaqui
INGENIERO CIVIL
CIF 266356

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL

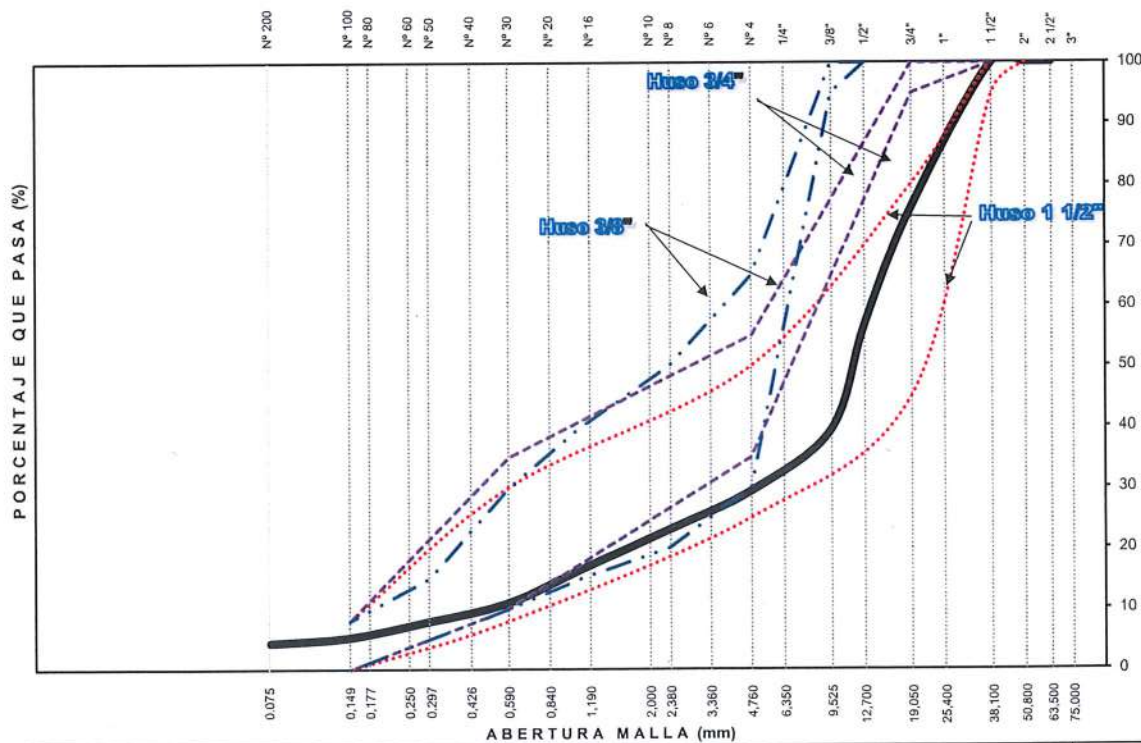
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
 Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
 Cantera : INDICADA
 Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
 Distrito : AYACUCHO
 Lugar : AYACUCHO
 Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

	TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	% PASA (A. GRUESO)	% PASA (A. FINO)	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. HUSO 3/4	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	100,00	100,00	0,0	100,00		RESULTADOS
	2 1/2"	63,500	100,00	100,00	0,0	100,00		% Grava 70,6
	2"	50,800	100,00	100,00	0,0	100,00	-	% Arena 25,1
	1 1/2"	38,100	100,00	100,00	0,0	100,00	100	% de Finos 4,3
	1"	25,400	100,00	100,00	0,0	100,00	-	$U_{10} = U_{6(mm)} =$ 0,5174
	3/4"	19,000	64,91	100,00	23,9	76,14	95	$U_{30(mm)} =$ 5,0275
	1/2"	12,500	37,29	98,22	43,2	56,78	-	$U_{60(mm)} =$ 13,1467
	3/8"	9,500	12,28	97,11	60,6	39,43	-	$Cu =$ 26,6
	1/4"	6,350	3,59	95,39	67,0	32,96	-	$Cc =$ 3,6
	Nº 4	4,760	1,13	89,47	70,6	29,40	35	$U_{15(mm)} =$ 0,9647
	Nº 8	2,360	1,02	69,85	77,0	23,05	-	$U_{50(mm)} =$ 11,4491
	Nº 10	2,000	0,99	64,63	78,6	21,35	-	$U_{85(mm)} =$ 21,3766
	Nº 16	1,100	0,95	49,43	83,5	16,46	-	Clasificación SUCS GP
	Nº 30	0,590	0,89	32,32	89,1	10,95	10	GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA
	Nº 40	0,425	0,86	25,66	91,2	8,79	-	
	Nº 50	0,297	0,82	22,88	92,1	7,88	-	Tamaño Maximo 1"
	Nº 100	0,149	0,77	14,86	94,7	5,28	-	Tamaño Maximo Nominal 3/4"
	Nº 200	0,075	0,73	12,03	95,7	4,35		Módulo de Fineza 5,91
	% según analisis del Agregado Global		% del A.G. =		68,0		% del A.F. = 32,0	

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GLOBAL



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUSS (kg/m ³)	1701	1475
PUCS (kg/m ³)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	-.-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	-.-
PUSH (kg/m ³)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	280	f_{cr} =	364 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	245	f_{cr} =	329 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	210	f_{cr} =	294 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	175	f_{cr} =	259 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	140	f_{cr} =	210 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	100	f_{cr} =	170 kg/cm ²

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	0"-2" MEZCLA SECA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 " CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	0"-2"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	189 lt/m ³


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000
---------------------------------	-------

3/4 "


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 166356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	9,88	5,26	48,7	51,3	w/c=0.45	37,6	62,4
w/c=0.50	8,89	5,18	50,6	49,4	w/c=0.50	38,8	61,2
280	9,54	5,23	49,4	50,6	280	38,0	62,0
245	8,73	5,17	51,0	49,0	245	39,0	61,0
210	7,96	5,11	52,4	47,6	210	40,0	60,0
175	7,32	5,06	53,7	46,3	175	40,7	59,3
140	6,50	5,00	55,3	44,7	140	41,7	58,3
100	5,85	4,95	56,5	43,5	100	42,4	57,6

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	420,0	583,3	1182,4	189,0	-	-	2374,7
w/c=0.50	378,0	595,4	1206,9	189,0	-	-	2369,3
280	405,6	587,4	1190,8	189,0	-	-	2372,8
245	371,0	597,4	1211,0	189,0	-	-	2368,4
210	338,5	606,8	1230,0	189,0	-	-	2364,3
175	311,2	614,6	1246,0	189,0	-	-	2360,8
140	276,3	624,7	1266,3	189,0	-	-	2356,3
100	248,7	632,6	1282,5	189,0	-	-	2352,8

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,39	2,82	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,58	3,19	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,45	2,94	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,61	3,26	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,79	3,63	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,98	4,00	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	2,26	4,58	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,54	5,16	32,3	-	-

Ing. A. Gutiérrez Yapanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	420,0	607,9	1184,2	177,2	-	-	2389,3
w/c=0.50	378,0	620,5	1208,7	177,0	-	-	2384,2
280	405,6	612,3	1192,6	177,1	-	-	2387,6
245	371,0	622,6	1212,8	176,9	-	-	2383,4
210	338,5	632,4	1231,9	176,7	-	-	2379,5
175	311,2	640,6	1247,8	176,6	-	-	2376,2
140	276,3	651,1	1268,2	176,4	-	-	2372,0
100	248,7	659,4	1284,4	176,2	-	-	2368,7

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	9,88	0,40	0,69	189,0	177,2	-	-
w/c=0.50	8,89	0,40	0,71	189,0	177,0	-	-
280	9,54	0,40	0,70	189,0	177,1	-	-
245	8,73	0,41	0,71	189,0	176,9	-	-
210	7,96	0,41	0,72	189,0	176,7	-	-
175	7,32	0,42	0,73	189,0	176,6	-	-
140	6,50	0,42	0,74	189,0	176,4	-	-
100	5,85	0,43	0,75	189,0	176,2	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,4	2,5	17,9	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,6	2,8	19,9	-	-
280	Resistencia	1,0	1,5	2,6	18,6	-	-
245	Resistencia	1,0	1,6	2,9	20,3	-	-
210	Resistencia	1,0	1,8	3,2	22,2	-	-
175	Resistencia	1,0	2,0	3,5	24,1	-	-
140	Resistencia	1,0	2,3	4,0	27,1	-	-
100	Resistencia	1,0	2,6	4,5	30,1	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 269356



MANDER
GeoEstructuras

**DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE
CONCRETO
(CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO
de 3" a 4")**

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUSS (kg/m3)	1701	1475
PUCS (kg/m3)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	-,-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	-,-
PUSH (kg/m3)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	280	f_{cr} =	364 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	245	f_{cr} =	329 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	210	f_{cr} =	294 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	175	f_{cr} =	259 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	140	f_{cr} =	210 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	100	f_{cr} =	170 kg/cm2

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	3"-4" MEZCLA PLÁSTICA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 " CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	3"-4"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	205 lt/m3

A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 20356



MANDER
GeoEstructuras

DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

ADITIVO

ADITIVO 01 : ADITIVO 01

MARCA : 0

DENSIDAD (gr/cm3): 1

DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000

ADITIVO 02 : ADITIVO 02

MARCA : 0

DENSIDAD (gr/cm3): 1

DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000

RELACIÓN AGUA/CEMENTO W/C - CEMENTO - ADITIVOS

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	AGUA (lt/m3)	CEMENTO (kg/m3)	VOLUMEN ABS. CEM. (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 01 (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 02 (m3)
	Durabilidad	0,45	205	455,6	0,1474	-	-
	Durabilidad	0,50	205	410,0	0,1327	-	-
280	364	0,47	205	439,9	0,1424	-	-
245	329	0,51	205	402,4	0,1302	-	-
210	294	0,56	205	367,1	0,1188	-	-
175	259	0,61	205	337,5	0,1092	-	-
140	210	0,68	205	299,7	0,0970	-	-
100	170	0,76	205	269,7	0,0873	-	-

SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS

w/c o f'c (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
0,45	0,628	0,409	0,218	0,332	0,296	0,427	0,201
0,50	0,642	0,409	0,233	0,326	0,316	0,437	0,206
280	0,633	0,409	0,224	0,330	0,303	0,430	0,202
245	0,645	0,409	0,236	0,336	0,308	0,438	0,206
210	0,656	0,409	0,247	0,321	0,336	0,446	0,210
175	0,666	0,409	0,257	0,316	0,349	0,453	0,213
140	0,678	0,409	0,269	0,310	0,368	0,461	0,217
100	0,688	0,409	0,279	0,306	0,382	0,468	0,220

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR M3 DEL CONCRETO=
MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

0,576
3,24

3/4 "

Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 208356



MANDER
GeoEstructuras

DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto

: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código

: INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante

: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera

: MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material

: AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	10,72	5,32	47,1	52,9	w/c=0.45	34,8	65,2
w/c=0.50	9,65	5,24	49,2	50,8	w/c=0.50	36,3	63,7
280	10,35	5,29	47,8	52,2	280	35,3	64,7
245	9,47	5,22	49,5	50,5	245	36,6	63,4
210	8,64	5,16	51,1	48,9	210	37,7	62,3
175	7,94	5,11	52,5	47,5	175	38,6	61,4
140	7,05	5,04	54,2	45,8	140	39,7	60,3
100	6,35	4,99	55,6	44,4	100	40,5	59,5

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	455,6	558,8	1132,8	205,0	-	-	2352,1
w/c=0.50	410,0	571,9	1159,4	205,0	-	-	2346,3
280	439,9	563,3	1141,9	205,0	-	-	2350,1
245	402,4	574,1	1163,8	205,0	-	-	2345,3
210	367,1	584,3	1184,4	205,0	-	-	2340,8
175	337,5	592,8	1201,7	205,0	-	-	2337,0
140	299,7	603,7	1223,8	205,0	-	-	2332,2
100	269,7	612,3	1241,3	205,0	-	-	2328,4

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,23	2,49	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,39	2,83	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,28	2,60	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,43	2,89	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,59	3,23	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,76	3,56	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	2,01	4,08	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,27	4,60	32,3	-	-


Luis A. Gutierrez Yuzanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	455,6	582,4	1134,5	193,7	-	-	2366,1
w/c=0.50	410,0	596,1	1161,1	193,4	-	-	2360,6
280	439,9	587,1	1143,6	193,6	-	-	2364,2
245	402,4	598,4	1165,5	193,4	-	-	2359,7
210	367,1	609,0	1186,2	193,2	-	-	2355,5
175	337,5	617,9	1203,5	193,0	-	-	2351,9
140	299,7	629,2	1225,6	192,8	-	-	2347,3
100	269,7	638,2	1243,2	192,6	-	-	2343,7

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	10,72	0,38	0,67	205,0	193,7	-	-
w/c=0.50	9,65	0,39	0,68	205,0	193,4	-	-
280	10,35	0,38	0,67	205,0	193,6	-	-
245	9,47	0,39	0,68	205,0	193,4	-	-
210	8,64	0,40	0,70	205,0	193,2	-	-
175	7,94	0,40	0,71	205,0	193,0	-	-
140	7,05	0,41	0,72	205,0	192,8	-	-
100	6,35	0,42	0,73	205,0	192,6	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,2	2,2	18,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,4	2,5	20,1	-	-
280	Resistencia	1,0	1,3	2,3	18,7	-	-
245	Resistencia	1,0	1,5	2,6	20,4	-	-
210	Resistencia	1,0	1,6	2,8	22,4	-	-
175	Resistencia	1,0	1,8	3,1	24,3	-	-
140	Resistencia	1,0	2,0	3,6	27,3	-	-
100	Resistencia	1,0	2,3	4,1	30,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUSS (kg/m3)	1701	1475
PUCS (kg/m3)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	--
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	--
PUSH (kg/m3)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	280	f_{cr} =	364 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	245	f_{cr} =	329 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	210	f_{cr} =	294 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	175	f_{cr} =	259 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	140	f_{cr} =	210 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	100	f_{cr} =	170 kg/cm2

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	6"-7" MEZCLA FLUIDA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 " CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	6"-7"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	216 lt/m3


Luis A. Cutiérrez Yvanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	11,29	5,36	46,0	54,0	w/c=0.45	32,8	67,2
w/c=0.50	10,16	5,28	48,2	51,8	w/c=0.50	34,5	65,5
280	10,91	5,33	46,8	53,2	280	33,4	66,6
245	9,98	5,26	48,6	51,4	245	34,7	65,3
210	9,10	5,20	50,2	49,8	210	36,0	64,0
175	8,37	5,14	51,7	48,3	175	37,0	63,0
140	7,43	5,07	53,5	46,5	140	38,2	61,8
100	6,69	5,01	54,9	45,1	100	39,1	60,9

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	480,0	542,0	1098,6	216,0	-	-	2336,6
w/c=0.50	432,0	555,8	1126,7	216,0	-	-	2330,4
280	463,5	546,7	1108,2	216,0	-	-	2334,5
245	424,0	558,1	1131,3	216,0	-	-	2329,4
210	386,8	568,8	1153,1	216,0	-	-	2324,7
175	355,6	577,8	1171,3	216,0	-	-	2320,7
140	315,8	589,3	1194,5	216,0	-	-	2315,6
100	284,2	598,4	1213,0	216,0	-	-	2311,6

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,13	2,29	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,29	2,61	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,18	2,39	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,32	2,67	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,47	2,98	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,62	3,29	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	1,87	3,78	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,11	4,27	32,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupaqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



MANDER
GeoEstructuras

DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	480,0	564,9	1100,3	205,0	-	-	2350,2
w/c=0.50	432,0	579,3	1128,3	204,8	-	-	2344,4
280	463,5	569,8	1109,9	204,9	-	-	2348,2
245	424,0	581,7	1133,0	204,7	-	-	2343,4
210	386,8	592,8	1154,8	204,5	-	-	2338,9
175	355,6	602,2	1173,0	204,3	-	-	2335,2
140	315,8	614,2	1196,3	204,1	-	-	2330,4
100	284,2	623,7	1214,8	203,9	-	-	2326,6

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	11,29	0,37	0,65	216,0	205,0	-	-
w/c=0.50	10,16	0,38	0,66	216,0	204,8	-	-
280	10,91	0,37	0,65	216,0	204,9	-	-
245	9,98	0,38	0,66	216,0	204,7	-	-
210	9,10	0,39	0,68	216,0	204,5	-	-
175	8,37	0,39	0,69	216,0	204,3	-	-
140	7,43	0,40	0,70	216,0	204,1	-	-
100	6,69	0,41	0,71	216,0	203,9	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,1	2,0	18,2	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,3	2,3	20,1	-	-
280	Resistencia	1,0	1,2	2,1	18,8	-	-
245	Resistencia	1,0	1,3	2,4	20,5	-	-
210	Resistencia	1,0	1,5	2,6	22,5	-	-
175	Resistencia	1,0	1,7	2,9	24,4	-	-
140	Resistencia	1,0	1,9	3,3	27,5	-	-
100	Resistencia	1,0	2,1	3,8	30,5	-	-

Luis A. Gutierrez Yupaqui
INGENIERO CIVIL
CIP 260356

DISEÑO DE MEZCLA ANALITICA DE CONCRETO PREMEZCLADO FC 210KG/CM2

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA
DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA
ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"



SOLICITANTE: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

SETIEMBRE DEL 2025

10% DE CENIZA DE HABA


Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

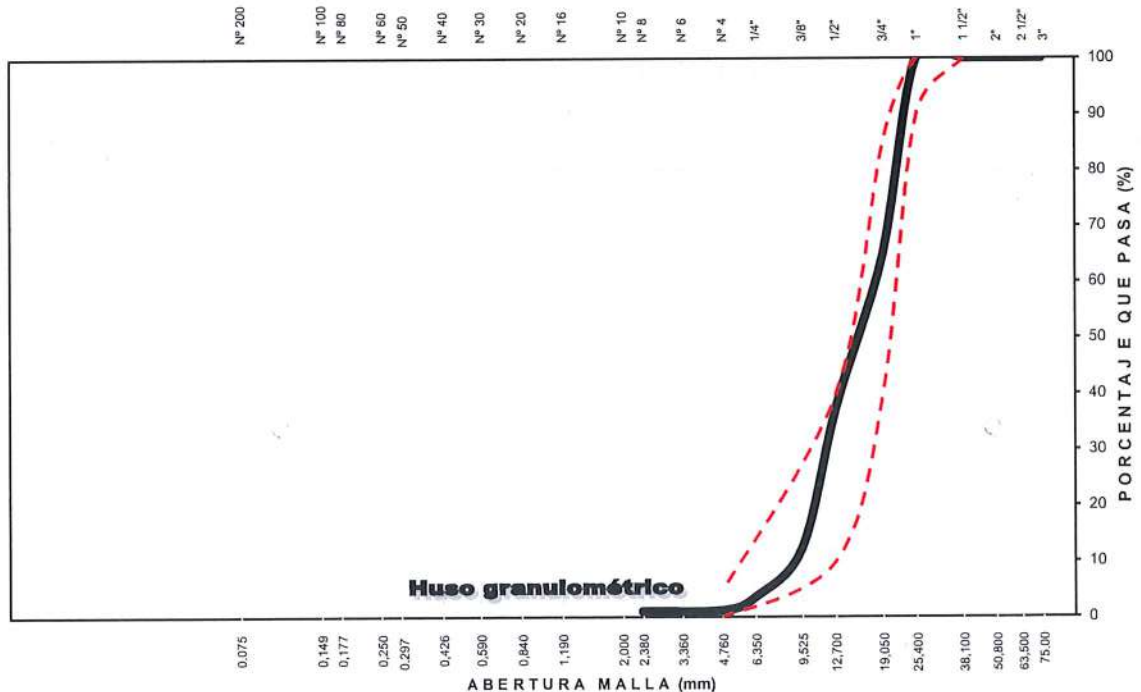
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Trazabilidad : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : GRAVA ZARANDEADA

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 56 (1" a 3/8")	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	-	-	100,00		PESOS (gr)
	2 1/2"	63,500	-	-	100,00		Peso seco inicial 4005,5
	2"	50,800	-	-	100,00		Peso seco lavado 3976,7
	1 1/2"	38,100	-	-	100,00	100 - 100	Pérdida por lavado 28,8
	1"	25,400	-	-	100,00	90 - 100	ENSAYOS ESTANDAR
	3/4"	19,000	1.405,50	35,09	64,91	40 - 85	% Grava 98,9
	1/2"	12,700	1.106,50	27,62	37,29	10 - 40	% Arena 0,4
	3/8"	9,500	1.001,50	25,00	87,72	0 - 15	% de Finos 0,7
	1/4"	6,350	348,30	8,70	96,41		D ₁₀ = D _{60(mm)} = 8,6729
	N° 4	4,760	98,40	2,46	98,87	0 - 5	D _{30(mm)} = 11,7675
	N° 8	2,360	4,50	0,11	98,98		D _{60(mm)} = 17,8801
	N° 10	2,000	1,30	0,03	99,01		Cu = 2,06
	N° 16	1,100	1,40	0,03	99,05		Cc = 0,89
	N° 30	0,590	2,40	0,06	99,11		D _{15(mm)} = 9,8477
	N° 40	0,425	1,40	0,03	99,14		D _{50(mm)} = 15,5995
	N° 50	0,297	1,40	0,03	99,18		D _{85(mm)} = 22,6641
	N° 100	0,149	2,10	0,05	99,23		Clasificación SUCS GP
	N° 200	0,075	1,50	0,04	99,27		GRAVA MAL GRADUADA
	Lavado	28,80	0,72	99,99	0,01		Módulo de Fineza 7,17
TOTAL		4005,0	100,0				Superficie específica (cm ² /gr) 6,14
Tamaño Máximo (Pulg) = 1		Tamaño Máximo Nominal (Pulg) = 3/4					

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



MANDER
GeoEstructuras

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204)

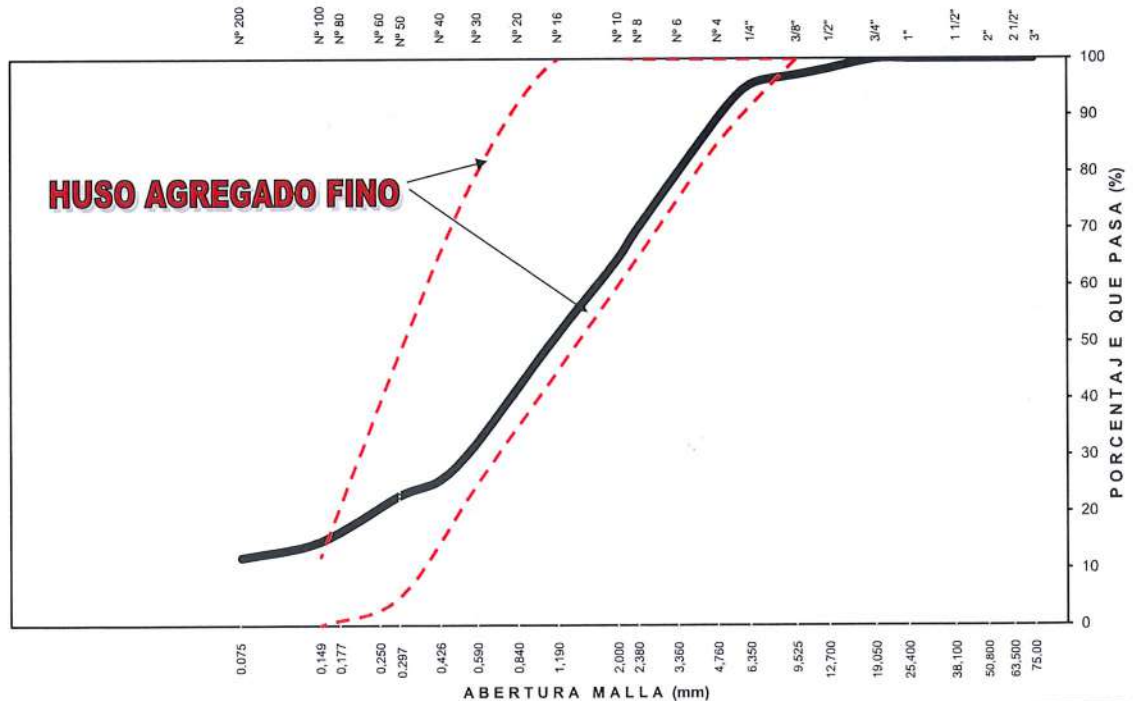
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Trazabilidad : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : ARENA ZARANDEADA

Región/Provir : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO NTP 400.037	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	-	-	100,00	100 85 - 100 65 - 100 45 - 100 25 - 80 5 - 48 0 - 12	PESOS (gr)
	2 1/2"	63,500	-	-	100,00		Peso seco inicial 2404,5
	2"	50,800	-	-	100,00		Peso seco lavado 2115,5
	1 1/2"	38,100	-	-	100,00		Pérdida por lavado 289,0
	1"	25,400	-	-	100,00		ENSAYOS ESTÁNDAR
	3/4"	19,000	-	-	100,00		% Grava 10,5
	1/2"	12,700	42,80	1,78	98,22		% Arena 77,4
	3/8"	9,500	26,50	1,10	97,11		% de Finos 12,0
	1/4"	6,350	41,40	1,72	95,39		$D_{10} = D_{e(mm)} =$ 0,0623
	N° 4	4,760	142,10	5,92	89,47		$D_{30} =$ 0,5326
	N° 8	2,360	471,20	19,62	69,85		$D_{60(mm)} =$ 1,7257
	N° 10	2,000	125,30	5,22	64,63		Cu = 27,69
	N° 16	1,100	365,20	15,21	49,43		Cc = 2,64
	N° 30	0,590	410,90	17,11	32,32		$D_{15(mm)} =$ 0,1516
	N° 40	0,425	159,90	6,66	25,66		$D_{50(mm)} =$ 1,1339
	N° 50	0,297	66,70	2,78	22,88		$U_{85(mm)} =$ 4,2128
	N° 100	0,149	192,70	8,02	14,86		Clasificación SUCS SM
	N° 200	0,075	67,80	2,82	87,97		ARENA LIMOSA
	Lavado	289,00	12,03	100,00	0,00		
TOTAL		2,401,50	100,00				
Módulo de Fineza = 3,24		Superficie específica (cm ² /gr) = 95,4					

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/B LOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

[Signature]
Ing. A. Gutierrez Yapanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 28436



CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 215), ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

HUMEDAD, ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL

IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	4.011,50	4.011,50
Peso Seco de la muestra (gr)	4.005,50	4.005,50
Peso del agua en la muestra (gr)	6,00	6,00
Contenido de Humedad (%)	0,15	0,15
Contenido de Humedad (%)		0,15
% de absorción		0,66
Absorción Efectiva (%)		0,51
Humedad Superficial (%)		-
IDENTIFICACIÓN	Agregado Fino	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	2.506,10	2.506,10
Peso Seco de la muestra (gr)	2.404,50	2.404,50
Peso del agua en la muestra (gr)	101,60	101,60
Contenido de Humedad (%)	4,23	4,23
Contenido de Humedad (%)		4,23
% de absorción		1,18
Absorción Efectiva (%)		-
Humedad Superficial (%)		3,05

Nota: La humedad del agregado corresponde al momento del ensayo, esta humedad puede variar en obra por lo que se recomienda hacer las correcciones por humedad de agregados a las dosificaciones del concreto.

PORCENTAJE DE VACIOS

IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1.701	1.475
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm ³)	1.885	1.663
Gravedad Especifica de Masa	2,65	2,78
Peso de los Solidos (gr)	2.654	2.783
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado suelto	35,9	47,0
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado varillado	29,0	40,2


Luis A. Guzmán Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

GRAVEDAD ESPECIFICA, PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

AGREGADO GRUESO (MTC E 206)			
IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca (gr)	985,00	982,10	
Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	991,50	988,50	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	616,30	609,70	
Peso Especifico de masa	2,63	2,59	2,61
Peso Especifico de masa SSS	2,64	2,61	2,63
Peso Especifico aparente	2,67	2,64	2,65
% de Absorción	0,66	0,65	0,66
AGREGADO FINO (MTC E 205)			
IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso al aire de la muestra seca (gr)	263,30	263,30	
Peso del Picnómetro aforado lleno de agua (gr)	720,40	720,40	
Peso del Picnómetro con la muestra y agua (gr)	889,30	889,30	
Peso de la muestra en SSS (gr)	266,40	266,40	
Temperatura del agua en el ensayo	23,00	23,00	
Corrección por temperatura (K)	0,9976	0,9976	
Peso Especifico de masa	2,69	2,69	2,69
Peso Especifico de masa SSS	2,73	2,73	2,73
Peso Especifico aparente	2,78	2,78	2,78
% de Absorción	1,18	1,18	1,18

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	70,60
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	29,40
Gravedad especifica de los sólidos (Bulk)	2,63
Gravedad especifica de los sólidos (Aparente)	2,69


Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017, MTC E 203)

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01 Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES Distrito : AYACUCHO
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA Lugar : AYACUCHO
Material : AGREGADO GRUESO Y FINO Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

AGREGADO FINO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	2.788,0	2.788,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6.925,0	6.975,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.137,0	4.187,0
D Volumen del Molde (cm³)	2.822,0	2.822,0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³) = (C)/(D)	1.466	1.484
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.475	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	2.788,0	2.788,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	7.475,0	7.487,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.687,0	4.699,0
D Volumen del Molde (cm³)	2.822,0	2.822,0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³) = (C)/(D)	1.661	1.665
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.663	
AGREGADO GRUESO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.012,0	7.012,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	19.684,0	19.712,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	12.672,0	12.700,0
D Volumen del Molde (cm³)	7.455,9	7.455,9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³) = (C)/(D)	1.700	1.703
PROMEDIO PUSS (Kg/m³)	1.701	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.012,0	7.012,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21.072,0	21.067,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14.060,0	14.055,0
D Volumen del Molde (cm³)	7.455,9	7.455,9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³) = (C)/(D)	1.886	1.885
PROMEDIO PUCS (Kg/m³)	1.885	


Luis A. Cordero Yupanqui
INGENIERO CIVIL
SEP 266356

DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO


 Luis A. Gutiérrez Naranjo
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



MANDER
GeoEstructuras

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL

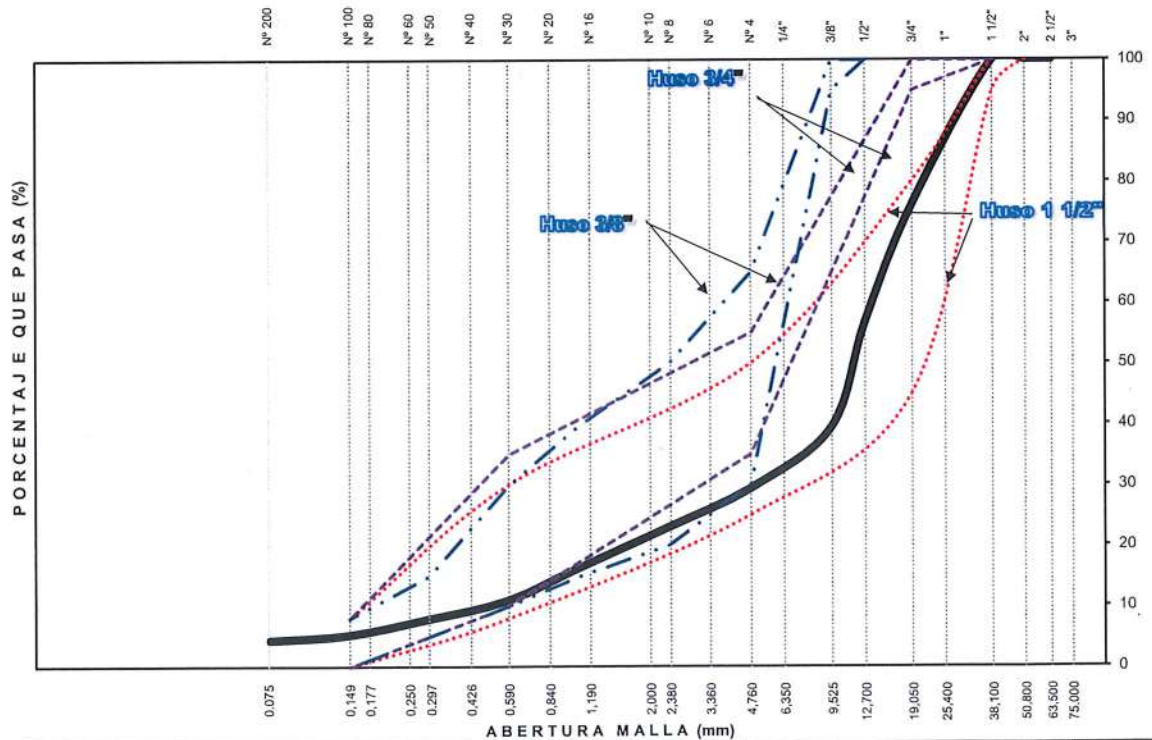
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : INDICADA
Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	% PASA (A. GRUESO)	% PASA (A. FINO)	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. HUSO 3/4	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	100,00	100,00	0,0	100,00	RESULTADOS
	2 1/2"	63,500	100,00	100,00	0,0	100,00	
	2"	50,800	100,00	100,00	0,0	100,00	% Grava 70,6
	1 1/2"	38,100	100,00	100,00	0,0	100,00	% Arena 25,1
	1"	25,400	100,00	100,00	0,0	100,00	% de Finos 4,3
	3/4"	19,000	64,91	100,00	23,9	76,14	$U_{10} = U_{6(mm)} =$ 0,5174
	1/2"	12,700	37,29	98,22	43,2	56,78	$U_{30(mm)} =$ 5,0275
	3/8"	9,500	12,28	97,11	60,6	39,43	$U_{60(mm)} =$ 13,7467
	1/4"	6,350	3,59	95,39	67,0	32,96	$C_u =$ 26,6
	N° 4	4,760	1,13	89,47	70,6	29,40	$C_c =$ 3,6
	N° 8	2,360	1,02	69,85	77,0	23,05	$U_{15(mm)} =$ 0,9647
	N° 10	2,000	0,99	64,63	78,6	21,35	$U_{50(mm)} =$ 11,4491
	N° 16	1,100	0,95	49,43	83,5	16,46	$U_{85(mm)} =$ 21,3766
	N° 30	0,590	0,89	32,32	89,1	10,95	Clasificación SUCS GP
	N° 40	0,425	0,86	25,66	91,2	8,79	GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA
	N° 50	0,297	0,82	22,88	92,1	7,88	Tamaño Máximo 1"
	N° 100	0,149	0,77	14,86	94,7	5,28	Tamaño Máximo Nominal 3/4"
	N° 200	0,075	0,73	12,03	95,7	4,35	Módulo de Fineza 5,91
	% según análisis del Agregado Global		% del A.G. =		68,0		% del A.F. = 32,0

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GLOBAL



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

Luis A. Guerrero Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 206356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUS (kg/m ³)	1701	1475
PUCS (kg/m ³)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	-,-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	-,-
PUSH (kg/m ³)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	280	f_{cr} =	364 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	245	f_{cr} =	329 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	210	f_{cr} =	294 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	175	f_{cr} =	259 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	140	f_{cr} =	210 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm ²) =	100	f_{cr} =	170 kg/cm ²

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	0"-2" MEZCLA SECA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 " CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	0"-2"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	189 lt/m ³


Luis A. Gutierrez
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



Código	: INF. N° 01	Región/Provinc	: AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante	: OMAR JHONI CASTILLO MENESES	Distrito	:AYACUCHO
Cantera	: MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA	Lugar	:AYACUCHO
Material	: AGREGADO GRUESO Y FINO	Fecha	: SETIEMBRE DEL 2025

ADITIVO 01 : <i>ADITIVO 01</i>		MARCA : <i>0</i>	
DENSIDAD (gr/cm3):	1	DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000
ADITIVO 02: <i>ADITIVO 02</i>		MARCA : <i>0</i>	
DENSIDAD (gr/cm3):	1	DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	AGUA (lt/m3)	CEMENTO (kg/m3)	VOLUMEN ABS. CEM. (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 01 (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 02 (m3)
	Durabilidad	0,45	189	420,0	0,1359	-	-
	Durabilidad	0,50	189	378,0	0,1223	-	-
280	364	0,47	189	405,6	0,1313	-	-
245	329	0,51	189	371,0	0,1201	-	-
210	294	0,56	189	338,5	0,1095	-	-
175	259	0,61	189	311,2	0,1007	-	-
140	210	0,68	189	276,3	0,0894	-	-
100	170	0,76	189	248,7	0,0805	-	-

w/c o f'c (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
0,45	0,655	0,409	0,246	0,336	0,319	0,445	0,210
0,50	0,669	0,409	0,260	0,330	0,339	0,455	0,214
280	0,660	0,409	0,251	0,334	0,326	0,449	0,211
245	0,671	0,409	0,262	0,340	0,331	0,456	0,215
210	0,681	0,409	0,272	0,324	0,357	0,463	0,218
175	0,690	0,409	0,281	0,320	0,371	0,469	0,221
140	0,702	0,409	0,292	0,314	0,388	0,477	0,225
100	0,711	0,409	0,301	0,309	0,402	0,483	0,227

0,576
3.24

3/4 "


Luis A. Gutiérrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
C.I.A. 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	9,88	5,26	48,7	51,3	w/c=0.45	37,6	62,4
w/c=0.50	8,89	5,18	50,6	49,4	w/c=0.50	38,8	61,2
280	9,54	5,23	49,4	50,6	280	38,0	62,0
245	8,73	5,17	51,0	49,0	245	39,0	61,0
210	7,96	5,11	52,4	47,6	210	40,0	60,0
175	7,32	5,06	53,7	46,3	175	40,7	59,3
140	6,50	5,00	55,3	44,7	140	41,7	58,3
100	5,85	4,95	56,5	43,5	100	42,4	57,6

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	420,0	583,3	1182,4	189,0	-	-	2374,7
w/c=0.50	378,0	595,4	1206,9	189,0	-	-	2369,3
280	405,6	587,4	1190,8	189,0	-	-	2372,8
245	371,0	597,4	1211,0	189,0	-	-	2368,4
210	338,5	606,8	1230,0	189,0	-	-	2364,3
175	311,2	614,6	1246,0	189,0	-	-	2360,8
140	276,3	624,7	1266,3	189,0	-	-	2356,3
100	248,7	632,6	1282,5	189,0	-	-	2352,8

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,39	2,82	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,58	3,19	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,45	2,94	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,61	3,26	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,79	3,63	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,98	4,00	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	2,26	4,58	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,54	5,16	32,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 269356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	420,0	607,9	1184,2	177,2	-	-	2389,3
w/c=0.50	378,0	620,5	1208,7	177,0	-	-	2384,2
280	405,6	612,3	1192,6	177,1	-	-	2387,6
245	371,0	622,6	1212,8	176,9	-	-	2383,4
210	338,5	632,4	1231,9	176,7	-	-	2379,5
175	311,2	640,6	1247,8	176,6	-	-	2376,2
140	276,3	651,1	1268,2	176,4	-	-	2372,0
100	248,7	659,4	1284,4	176,2	-	-	2368,7

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	9,88	0,40	0,69	189,0	177,2	-	-
w/c=0.50	8,89	0,40	0,71	189,0	177,0	-	-
280	9,54	0,40	0,70	189,0	177,1	-	-
245	8,73	0,41	0,71	189,0	176,9	-	-
210	7,96	0,41	0,72	189,0	176,7	-	-
175	7,32	0,42	0,73	189,0	176,6	-	-
140	6,50	0,42	0,74	189,0	176,4	-	-
100	5,85	0,43	0,75	189,0	176,2	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,4	2,5	17,9	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,6	2,8	19,9	-	-
280	Resistencia	1,0	1,5	2,6	18,6	-	-
245	Resistencia	1,0	1,6	2,9	20,3	-	-
210	Resistencia	1,0	1,8	3,2	22,2	-	-
175	Resistencia	1,0	2,0	3,5	24,1	-	-
140	Resistencia	1,0	2,3	4,0	27,1	-	-
100	Resistencia	1,0	2,6	4,5	30,1	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 253356



MANDER
GeoEstructuras

**DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE
CONCRETO
(CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO
de 3" a 4")**

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANtera	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUSS (kg/m ³)	1701	1475
PUCS (kg/m ³)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	-.-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	-.-
PUSH (kg/m ³)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	280	f _{cr} =	364 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	245	f _{cr} =	329 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	210	f _{cr} =	294 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	175	f _{cr} =	259 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	140	f _{cr} =	210 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f _c (kg/cm ²) =	100	f _{cr} =	170 kg/cm ²

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	3"-4" MEZCLA PLÁSTICA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 " CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 "
ASENTAMIENTO 3"-4" VOLUMEN UNITARIO DE AGUA = 205 lt/m³


Luis A. Gutiérrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CI-266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

ADITIVO

ADITIVO 01 : <i>ADITIVO 01</i>	MARCA : 0
DENSIDAD (gr/cm3): 1	DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000
ADITIVO 02 : <i>ADITIVO 02</i>	MARCA : 0
DENSIDAD (gr/cm3): 1	DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000

RELACIÓN AGUA/CEMENTO W/C - CEMENTO - ADITIVOS

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	AGUA (lt/m3)	CEMENTO (kg/m3)	VOLUMEN ABS. CEM. (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 01 (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 02 (m3)
	Durabilidad	0,45	205	455,6	0,1474	-	-
	Durabilidad	0,50	205	410,0	0,1327	-	-
280	364	0,47	205	439,9	0,1424	-	-
245	329	0,51	205	402,4	0,1302	-	-
210	294	0,56	205	367,1	0,1188	-	-
175	259	0,61	205	337,5	0,1092	-	-
140	210	0,68	205	299,7	0,0970	-	-
100	170	0,76	205	269,7	0,0873	-	-

SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS

w/c o f'c (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
0,45	0,628	0,409	0,218	0,332	0,296	0,427	0,201
0,50	0,642	0,409	0,233	0,326	0,316	0,437	0,206
280	0,633	0,409	0,224	0,330	0,303	0,430	0,202
245	0,645	0,409	0,236	0,336	0,308	0,438	0,206
210	0,656	0,409	0,247	0,321	0,336	0,446	0,210
175	0,666	0,409	0,257	0,316	0,349	0,453	0,213
140	0,678	0,409	0,269	0,310	0,368	0,461	0,217
100	0,688	0,409	0,279	0,306	0,382	0,468	0,220

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR M3 DEL CONCRETO=

MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

0,576
3,24

3/4 "


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 466356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
 Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
 Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA
 Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA
 Distrito : AYACUCHO
 Lugar : AYACUCHO
 Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	10,72	5,32	47,1	52,9	w/c=0.45	34,8	65,2
w/c=0.50	9,65	5,24	49,2	50,8	w/c=0.50	36,3	63,7
280	10,35	5,29	47,8	52,2	280	35,3	64,7
245	9,47	5,22	49,5	50,5	245	36,6	63,4
210	8,64	5,16	51,1	48,9	210	37,7	62,3
175	7,94	5,11	52,5	47,5	175	38,6	61,4
140	7,05	5,04	54,2	45,8	140	39,7	60,3
100	6,35	4,99	55,6	44,4	100	40,5	59,5

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	455,6	558,8	1132,8	205,0	-	-	2352,1
w/c=0.50	410,0	571,9	1159,4	205,0	-	-	2346,3
280	439,9	563,3	1141,9	205,0	-	-	2350,1
245	402,4	574,1	1163,8	205,0	-	-	2345,3
210	367,1	584,3	1184,4	205,0	-	-	2340,8
175	337,5	592,8	1201,7	205,0	-	-	2337,0
140	299,7	603,7	1223,8	205,0	-	-	2332,2
100	269,7	612,3	1241,3	205,0	-	-	2328,4

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,23	2,49	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,39	2,83	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,28	2,60	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,43	2,89	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,59	3,23	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,76	3,56	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	2,01	4,08	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,27	4,60	32,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupaqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266350



MANDER
GeoEstructuras

**DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE
CONCRETO
(CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO
de 3" a 4")**

Proyecto

: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código

: INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante

: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera

: MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material

: AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	455,6	582,4	1134,5	193,7	-	-	2366,1
w/c=0.50	410,0	596,1	1161,1	193,4	-	-	2360,6
280	439,9	587,1	1143,6	193,6	-	-	2364,2
245	402,4	598,4	1165,5	193,4	-	-	2359,7
210	367,1	609,0	1186,2	193,2	-	-	2355,5
175	337,5	617,9	1203,5	193,0	-	-	2351,9
140	299,7	629,2	1225,6	192,8	-	-	2347,3
100	269,7	638,2	1243,2	192,6	-	-	2343,7

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	10,72	0,38	0,67	205,0	193,7	-	-
w/c=0.50	9,65	0,39	0,68	205,0	193,4	-	-
280	10,35	0,38	0,67	205,0	193,6	-	-
245	9,47	0,39	0,68	205,0	193,4	-	-
210	8,64	0,40	0,70	205,0	193,2	-	-
175	7,94	0,40	0,71	205,0	193,0	-	-
140	7,05	0,41	0,72	205,0	192,8	-	-
100	6,35	0,42	0,73	205,0	192,6	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,2	2,2	18,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,4	2,5	20,1	-	-
280	Resistencia	1,0	1,3	2,3	18,7	-	-
245	Resistencia	1,0	1,5	2,6	20,4	-	-
210	Resistencia	1,0	1,6	2,8	22,4	-	-
175	Resistencia	1,0	1,8	3,1	24,3	-	-
140	Resistencia	1,0	2,0	3,6	27,3	-	-
100	Resistencia	1,0	2,3	4,1	30,3	-	-


Luis A. Gutierrez Yunanqui
INGENIERO CIVIL
CSP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUS (kg/m ³)	1701	1475
PUCS (kg/m ³)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	-.-
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	-.-
PUSH (kg/m ³)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f'_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	280	f'_{cr} =	364 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	245	f'_{cr} =	329 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	210	f'_{cr} =	294 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	175	f'_{cr} =	259 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	140	f'_{cr} =	210 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	100	f'_{cr} =	170 kg/cm ²

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	6"-7" MEZCLA FLUIDA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	CONTENIDO DE AIRE :	2,0 %
-----------------------	-------	---------------------	-------

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	6"-7"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	216 lt/m ³


Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



MANDER
GeoEstructuras

DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto

: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código

: INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante

: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera

: MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material

: AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

ADITIVO

ADITIVO 01 : ~~ADITIVO 01~~

MARCA : 0

DENSIDAD (gr/cm3): 1

DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000

ADITIVO 02 : ~~ADITIVO 02~~

MARCA : 0

DENSIDAD (gr/cm3): 1

DOSIS (% del peso de cemento) : 0,000

RELACIÓN AGUA/CEMENTO W/C - CEMENTO - ADITIVOS

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	AGUA (lt/m3)	CEMENTO (kg/m3)	VOLUMEN ABS. CEM. (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 01 (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 02 (m3)
	Durabilidad	0,45	216	480,0	0,1553	-	-
	Durabilidad	0,50	216	432,0	0,1398	-	-
280	364	0,47	216	463,5	0,1500	-	-
245	329	0,51	216	424,0	0,1372	-	-
210	294	0,56	216	386,8	0,1252	-	-
175	259	0,61	216	355,6	0,1151	-	-
140	210	0,68	216	315,8	0,1022	-	-
100	170	0,76	216	284,2	0,0920	-	-

SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS

w/c o f'c (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
0,45	0,609	0,409	0,200	0,329	0,280	0,414	0,195
0,50	0,624	0,409	0,215	0,323	0,301	0,424	0,200
280	0,614	0,409	0,205	0,327	0,287	0,418	0,196
245	0,627	0,409	0,218	0,334	0,293	0,426	0,201
210	0,639	0,409	0,230	0,318	0,321	0,434	0,204
175	0,649	0,409	0,240	0,314	0,335	0,441	0,208
140	0,662	0,409	0,253	0,308	0,354	0,450	0,212
100	0,672	0,409	0,263	0,303	0,369	0,457	0,215

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR M3 DEL CONCRETO=

0,576

MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO

3,24

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

3/4 "


Luis A. Gutierrez Yapanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	11,29	5,36	46,0	54,0	w/c=0.45	32,8	67,2
w/c=0.50	10,16	5,28	48,2	51,8	w/c=0.50	34,5	65,5
280	10,91	5,33	46,8	53,2	280	33,4	66,6
245	9,98	5,26	48,6	51,4	245	34,7	65,3
210	9,10	5,20	50,2	49,8	210	36,0	64,0
175	8,37	5,14	51,7	48,3	175	37,0	63,0
140	7,43	5,07	53,5	46,5	140	38,2	61,8
100	6,69	5,01	54,9	45,1	100	39,1	60,9

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	480,0	542,0	1098,6	216,0	-	-	2336,6
w/c=0.50	432,0	555,8	1126,7	216,0	-	-	2330,4
280	463,5	546,7	1108,2	216,0	-	-	2334,5
245	424,0	558,1	1131,3	216,0	-	-	2329,4
210	386,8	568,8	1153,1	216,0	-	-	2324,7
175	355,6	577,8	1171,3	216,0	-	-	2320,7
140	315,8	589,3	1194,5	216,0	-	-	2315,6
100	284,2	598,4	1213,0	216,0	-	-	2311,6

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,13	2,29	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,29	2,61	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,18	2,39	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,32	2,67	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,47	2,98	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,62	3,29	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	1,87	3,78	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,11	4,27	32,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 166456



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	480,0	564,9	1100,3	205,0	-	-	2350,2
w/c=0.50	432,0	579,3	1128,3	204,8	-	-	2344,4
280	463,5	569,8	1109,9	204,9	-	-	2348,2
245	424,0	581,7	1133,0	204,7	-	-	2343,4
210	386,8	592,8	1154,8	204,5	-	-	2338,9
175	355,6	602,2	1173,0	204,3	-	-	2335,2
140	315,8	614,2	1196,3	204,1	-	-	2330,4
100	284,2	623,7	1214,8	203,9	-	-	2326,6

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	11,29	0,37	0,65	216,0	205,0	-	-
w/c=0.50	10,16	0,38	0,66	216,0	204,8	-	-
280	10,91	0,37	0,65	216,0	204,9	-	-
245	9,98	0,38	0,66	216,0	204,7	-	-
210	9,10	0,39	0,68	216,0	204,5	-	-
175	8,37	0,39	0,69	216,0	204,3	-	-
140	7,43	0,40	0,70	216,0	204,1	-	-
100	6,69	0,41	0,71	216,0	203,9	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,1	2,0	18,2	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,3	2,3	20,1	-	-
280	Resistencia	1,0	1,2	2,1	18,8	-	-
245	Resistencia	1,0	1,3	2,4	20,5	-	-
210	Resistencia	1,0	1,5	2,6	22,5	-	-
175	Resistencia	1,0	1,7	2,9	24,4	-	-
140	Resistencia	1,0	1,9	3,3	27,5	-	-
100	Resistencia	1,0	2,1	3,8	30,5	-	-


Luis A. Gutierrez Yvanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356

DISEÑO DE MEZCLA ANALITICA DE CONCRETO PREMEZCLADO FC 210KG/CM2

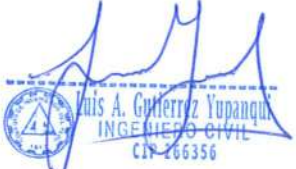
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA
DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA
ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"



SOLICITANTE: OMAR JHONI CASTILLO MENESES

SETIEMBRE DEL 2025

15% DE CENIZA DE HABA


Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 166356

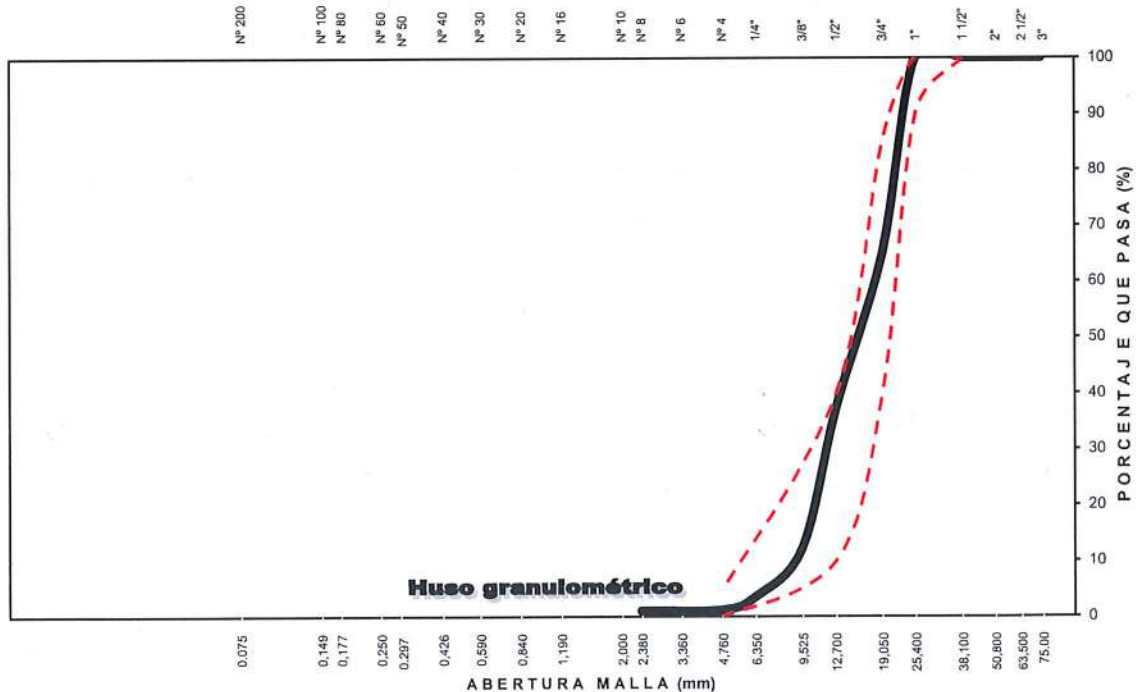
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Trazabilidad : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : GRAVA ZARANDEADA

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 56 (1" a 3/8")	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	-	-	100,00		PESOS (gr)
	2 1/2"	63,500	-	-	100,00		Peso seco inicial 4005,5
	2"	50,800	-	-	100,00		Peso seco lavado 3976,7
	1 1/2"	38,100	-	-	100,00	100 - 100	Pérdida por lavado 28,8
	1"	25,400	-	-	100,00	90 - 100	ENSAYOS ESTANDAR
	3/4"	19,000	1.405,50	35,09	64,91	40 - 85	% Grava 98,9
	1/2"	12,700	1.106,50	27,62	37,29	10 - 40	% Arena 0,4
	3/8"	9,500	1.001,50	25,00	87,72	0 - 15	% de Finos 0,7
	1/4"	6,350	348,30	8,70	3,59		D ₁₀ = D _{ei(mm)} = 8,6729
	N° 4	4,760	98,40	2,46	1,13	0 - 5	D _{30(mm)} = 11,7675
	N° 8	2,360	4,50	0,11	98,98		D _{60(mm)} = 17,8801
	N° 10	2,000	1,30	0,03	99,01		Cu = 2,06
	N° 16	1,100	1,40	0,03	99,05		Cc = 0,89
	N° 30	0,590	2,40	0,06	99,11		D _{15(mm)} = 9,8477
	N° 40	0,425	1,40	0,03	99,14		D _{50(mm)} = 15,5995
	N° 50	0,297	1,40	0,03	99,18		D _{85(mm)} = 22,6641
	N° 100	0,149	2,10	0,05	99,23		Clasificación SUCS GP
	N° 200	0,075	1,50	0,04	99,27		GRAVA MAL GRADUADA
	Lavado	28,80	0,72	99,99	0,01		Módulo de Fineza 7,17
TOTAL		4005,0	100,0				Superficie específica (cm ² /gr) 6,14
Tamaño Máximo (Pulg) = 1		Tamaño Máximo Nominal (Pulg) = 3/4					

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



MANDER
GeoEstructuras

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (MTC E 204)

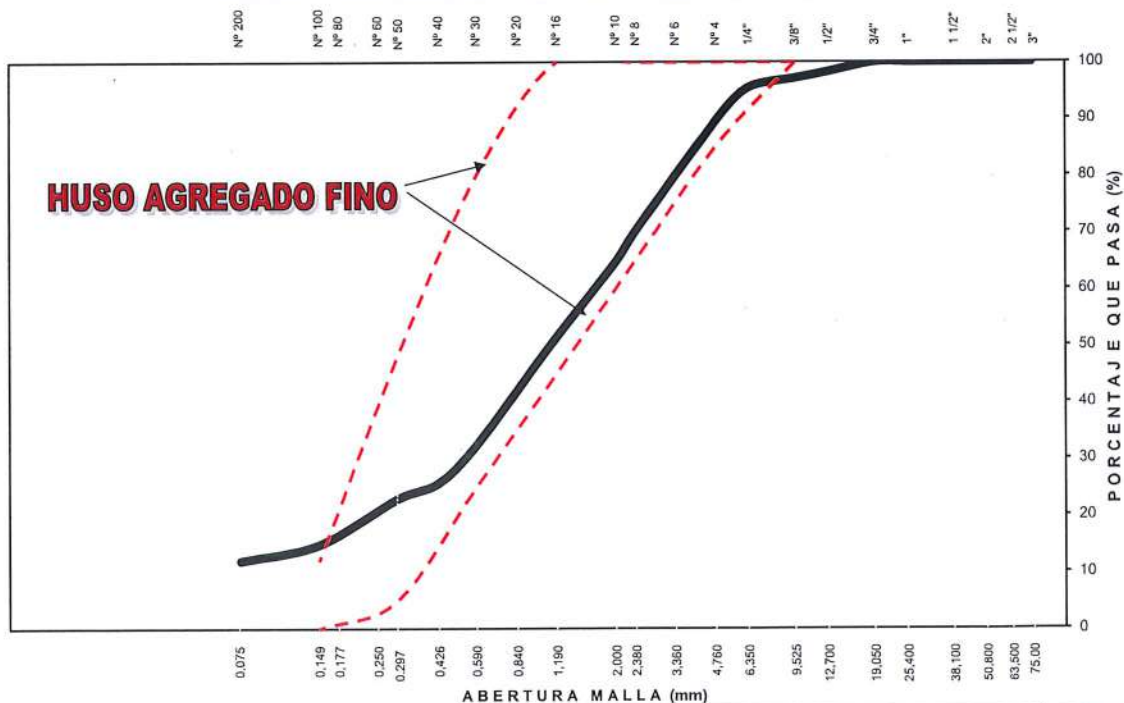
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Trazabilidad : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : ARENA ZARANDEADA

Región/Provir : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO NTP 400.037	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	-	-	100,00		PESOS (gr)
	2 1/2"	63,500	-	-	100,00		Peso seco inicial 2404,5
	2"	50,800	-	-	100,00		Peso seco lavado 2115,5
	1 1/2"	38,100	-	-	100,00		Pérdida por lavado 289,0
	1"	25,400	-	-	100,00		
	3/4"	19,000	-	-	100,00		ENSAYOS ESTÁNDAR
	1/2"	12,700	42,80	1,78	98,22		% Grava 10,5
	3/8"	9,500	26,50	1,10	97,11	100	% Arena 77,4
	1/4"	6,350	41,40	1,72	95,39		% de Finos 12,0
	N° 4	4,760	142,10	5,92	89,47	85 - 100	$D_{10} = D_{e(mm)} =$ 0,0623
	N° 8	2,360	471,20	19,62	69,85	65 - 100	$D_{30} =$ 0,5326
	N° 10	2,000	125,30	5,22	64,63		$D_{60(mm)} =$ 1,7257
	N° 16	1,100	365,20	15,21	49,43	45 - 100	Cu = 27,69
	N° 30	0,590	410,90	17,11	67,68	25 - 80	Cc = 2,64
	N° 40	0,425	159,90	6,66	74,34		$D_{15(mm)} =$ 0,1516
	N° 50	0,297	66,70	2,78	77,12	5 - 48	$D_{50(mm)} =$ 1,1339
	N° 100	0,149	192,70	8,02	85,14	0 - 12	$D_{85(mm)} =$ 4,2128
	N° 200	0,075	67,80	2,82	87,97		Clasificación SUCS SM
	Lavado	289,00	12,03	100,00	0,00		
TOTAL		2.401,50	100,00				ARENA LIMOSA
Módulo de Fineza = 3,24		Superficie específica (cm ² /gr) = 95,4					

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/B LOQUES
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

Ing. A. Gutiérrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



MANDER
GeoEstructuras

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 215), ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANG

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

HUMEDAD, ABSORCIÓN EFECTIVA Y HUMEDAD SUPERFICIAL

IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	4.011,50	4.011,50
Peso Seco de la muestra (gr)	4.005,50	4.005,50
Peso del agua en la muestra (gr)	6,00	6,00
Contenido de Humedad (%)	0,15	0,15
Contenido de Humedad (%)		0,15
% de absorción		0,66
Absorción Efectiva (%)		0,51
Humedad Superficial (%)		-
IDENTIFICACIÓN	Agregado Fino	
Peso Húmedo de la muestra (gr)	2.506,10	2.506,10
Peso Seco de la muestra (gr)	2.404,50	2.404,50
Peso del agua en la muestra (gr)	101,60	101,60
Contenido de Humedad (%)	4,23	4,23
Contenido de Humedad (%)		4,23
% de absorción		1,18
Absorción Efectiva (%)		-
Humedad Superficial (%)		3,05

Nota: La humedad del agregado corresponde al momento del ensayo, esta humedad puede variar en obra por lo que se recomienda hacer las correcciones por humedad de agregados a las dosificaciones del concreto.

PORCENTAJE DE VACIOS

IDENTIFICACIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino
Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm ³)	1.701	1.475
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm ³)	1.885	1.663
Gravedad Especifica de Masa	2,65	2,78
Peso de los Solidos (gr)	2.654	2.783
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado suelto	35,9	47,0
Porcentaje de Vacíos (%) Agregado varillado	29,0	40,2

Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

GRAVEDAD ESPECIFICA, PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provin. : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

AGREGADO GRUESO (MTC E 206)			
IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca (gr)	985,00	982,10	
Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	991,50	988,50	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	616,30	609,70	
Peso Especifico de masa	2,63	2,59	2,61
Peso Especifico de masa SSS	2,64	2,61	2,63
Peso Especifico aparente	2,67	2,64	2,65
% de Absorción	0,66	0,65	0,66

AGREGADO FINO (MTC E 205)			
IDENTIFICACIÓN	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	PROMEDIO
Peso al aire de la muestra seca (gr)	263,30	263,30	
Peso del Picnómetro aforado lleno de agua (gr)	720,40	720,40	
Peso del Picnómetro con la muestra y agua (gr)	889,30	889,30	
Peso de la muestra en SSS (gr)	266,40	266,40	
Temperatura del agua en el ensayo	23,00	23,00	
Corrección por temperatura (K)	0,9976	0,9976	
Peso Especifico de masa	2,69	2,69	2,69
Peso Especifico de masa SSS	2,73	2,73	2,73
Peso Especifico aparente	2,78	2,78	2,78
% de Absorción	1,18	1,18	1,18

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	70,60
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	29,40
Gravedad especifica de los sólidos (Bulk)	2,63
Gravedad especifica de los sólidos (Aparente)	2,69


Luis A. Gutierrez
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS
(NTP 400.017, MTC E 203)**

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito :AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBI Lugar

:AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

AGREGADO FINO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	2.788,0	2.788,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	6.925,0	6.975,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.137,0	4.187,0
D Volumen del Molde (cm ³)	2.822,0	2.822,0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.466	1.484
PROMEDIO PUSS (Kg/m ³)	1.475	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	2.788,0	2.788,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	7.475,0	7.487,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4.687,0	4.699,0
D Volumen del Molde (cm ³)	2.822,0	2.822,0
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.661	1.665
PROMEDIO PUCS (Kg/m ³)	1.663	
AGREGADO GRUESO		
PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.012,0	7.012,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	19.684,0	19.712,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	12.672,0	12.700,0
D Volumen del Molde (cm ³)	7.455,9	7.455,9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.700	1.703
PROMEDIO PUSS (Kg/m ³)	1.701	
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO		
Nº DE ENSAYO	Ensayo Nº 01	Ensayo Nº 02
A Peso Molde (gr)	7.012,0	7.012,0
B Peso Agregado + Molde (gr)	21.072,0	21.067,0
C Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14.060,0	14.055,0
D Volumen del Molde (cm ³)	7.455,9	7.455,9
E Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³) = (C)/(D)	1.886	1.885
PROMEDIO PUCS (Kg/m ³)	1.885	


 Luis J. Gutierrez Yunque
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356

DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO


 Luis A. Gutierrez Vique
INGENIERO CIVIL
CIP 280396



MANDER
GeoEstructuras

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL

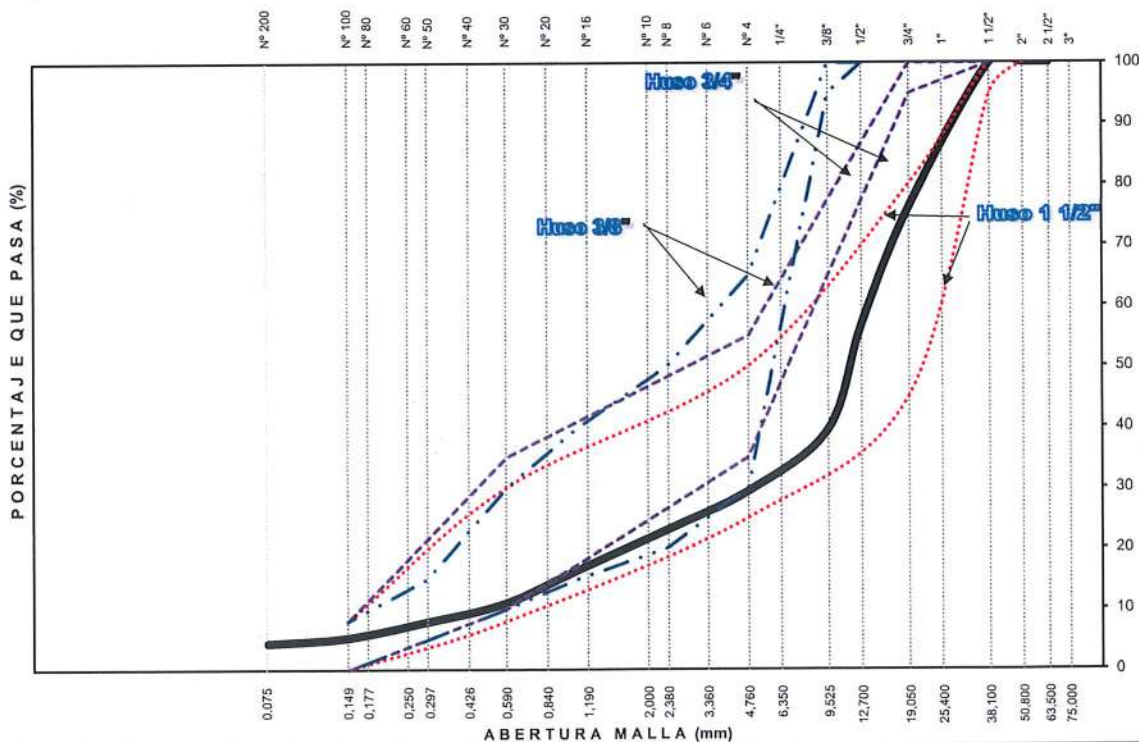
Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : INDICADA
Material : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Región/Provincia : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	% PASA (A. GRUESO)	% PASA (A. FINO)	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. HUSO 3/4	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	100,00	0,0	100,00		RESULTADOS
	2 1/2"	63,500	100,00	0,0	100,00		% Grava 70,6
	2"	50,800	100,00	0,0	100,00		% Arena 29,1
	1 1/2"	38,100	100,00	0,0	100,00	100 100	% de Finos 4,3
	1"	25,400	100,00	0,0	100,00	-	$U_{10} = U_{e(mm)} =$ 0,5174
	3/4"	19,000	64,91	23,9	76,14	95 100	$U_{30(mm)} =$ 5,0275
	1/2"	12,500	37,29	43,2	56,78	-	$U_{60(mm)} =$ 13,1461
	3/8"	9,500	12,28	60,6	39,43	-	$C_u =$ 26,6
	1/4"	6,350	3,59	67,0	32,96	-	$C_c =$ 3,6
	N° 4	4,760	1,13	89,47	29,40	35 55	$U_{15(mm)} =$ 0,9647
	N° 8	2,360	1,02	69,85	23,05	-	$U_{50(mm)} =$ 11,4491
	N° 10	2,000	0,99	64,63	21,35	-	$U_{85(mm)} =$ 21,3766
	N° 16	1,100	0,95	49,43	16,46	-	Clasificación SUCS GP
	N° 30	0,590	0,89	32,32	10,95	10 35	GRAVA MAL GRADUADA CON ARENA
	N° 40	0,425	0,86	25,66	8,79	-	Tamaño Máximo 1"
	N° 50	0,297	0,82	22,88	7,88	-	Tamaño Máximo Nominal 3/4"
	N° 100	0,149	0,77	14,86	5,28	8	Módulo de Fineza 5,91
	N° 200	0,075	0,73	12,03	4,35		
% según análisis del Agregado Global		% del A.G. =		68,0	% del A.F. =		32,0

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GLOBAL



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLEOS/ BLOQUE
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

Luis A. Gutiérrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUSS (kg/m ³)	1701	1475
PUCS (kg/m ³)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	--
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	--
PUSH (kg/m ³)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO

MARCA : ANDINO

TIPO : PORTLAND TIPO I

PESO ESPECIFICO 3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f'_{cr}

RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	280	f'_{cr} =	364 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	245	f'_{cr} =	329 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	210	f'_{cr} =	294 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	175	f'_{cr} =	259 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	140	f'_{cr} =	210 kg/cm ²
RESISTENCIA DE DISEÑO f'_c (kg/cm ²) =	100	f'_{cr} =	170 kg/cm ²

ASENTAMIENTO

MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	0"-2" MEZCLA SECA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 " CONTENIDO DE AIRE : 2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 "
ASENTAMIENTO 0"-2" VOLUMEN UNITARIO DE AGUA = 189 lt/m³

Luis A. Gutierrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 206356



Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000
---------------------------------	-------

3/4 "

 Luis A. Gutierrez Kupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 206356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	9,88	5,26	48,7	51,3	w/c=0.45	37,6	62,4
w/c=0.50	8,89	5,18	50,6	49,4	w/c=0.50	38,8	61,2
280	9,54	5,23	49,4	50,6	280	38,0	62,0
245	8,73	5,17	51,0	49,0	245	39,0	61,0
210	7,96	5,11	52,4	47,6	210	40,0	60,0
175	7,32	5,06	53,7	46,3	175	40,7	59,3
140	6,50	5,00	55,3	44,7	140	41,7	58,3
100	5,85	4,95	56,5	43,5	100	42,4	57,6

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	420,0	583,3	1182,4	189,0	-	-	2374,7
w/c=0.50	378,0	595,4	1206,9	189,0	-	-	2369,3
280	405,6	587,4	1190,8	189,0	-	-	2372,8
245	371,0	597,4	1211,0	189,0	-	-	2368,4
210	338,5	606,8	1230,0	189,0	-	-	2364,3
175	311,2	614,6	1246,0	189,0	-	-	2360,8
140	276,3	624,7	1266,3	189,0	-	-	2356,3
100	248,7	632,6	1282,5	189,0	-	-	2352,8

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,39	2,82	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,58	3,19	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,45	2,94	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,61	3,26	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,79	3,63	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,98	4,00	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	2,26	4,58	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,54	5,16	32,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA SECA ASENTAMIENTO DE 1" a 2")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

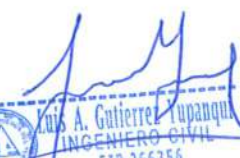
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	420,0	607,9	1184,2	177,2	-	-	2389,3
w/c=0.50	378,0	620,5	1208,7	177,0	-	-	2384,2
280	405,6	612,3	1192,6	177,1	-	-	2387,6
245	371,0	622,6	1212,8	176,9	-	-	2383,4
210	338,5	632,4	1231,9	176,7	-	-	2379,5
175	311,2	640,6	1247,8	176,6	-	-	2376,2
140	276,3	651,1	1268,2	176,4	-	-	2372,0
100	248,7	659,4	1284,4	176,2	-	-	2368,7

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	9,88	0,40	0,69	189,0	177,2	-	-
w/c=0.50	8,89	0,40	0,71	189,0	177,0	-	-
280	9,54	0,40	0,70	189,0	177,1	-	-
245	8,73	0,41	0,71	189,0	176,9	-	-
210	7,96	0,41	0,72	189,0	176,7	-	-
175	7,32	0,42	0,73	189,0	176,6	-	-
140	6,50	0,42	0,74	189,0	176,4	-	-
100	5,85	0,43	0,75	189,0	176,2	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,4	2,5	17,9	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,6	2,8	19,9	-	-
280	Resistencia	1,0	1,5	2,6	18,6	-	-
245	Resistencia	1,0	1,6	2,9	20,3	-	-
210	Resistencia	1,0	1,8	3,2	22,2	-	-
175	Resistencia	1,0	2,0	3,5	24,1	-	-
140	Resistencia	1,0	2,3	4,0	27,1	-	-
100	Resistencia	1,0	2,6	4,5	30,1	-	-


 Luis A. Gutierrez Lujanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA
Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

DATOS DE LOS AGREGADOS		
CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
CANTERA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA	: MATERIAL PUESTO EN OBRA
MATERIAL	: GRAVA ZARANDEADA	: ARENA ZARANDEADA
PERFIL	: SUB REDONDEADO	ZARANDEADO
PUSS (kg/m3)	1701	1475
PUCS (kg/m3)	1885	1663
PESO ESPECIFICO	2,65	2,78
ABSORCIÓN (%)	0,66	1,18
HUMEDAD (%)	0,15	4,23
MODULO DE FINEZA	7,17	3,24
TAMAÑO MAXIMO	1 "	-. "
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	-. "
PUSH (kg/m3)	1704	1537

DATOS DEL CEMENTO	
MARCA	: ANDINO
TIPO	: PORTLAND TIPO I
PESO ESPECIFICO	3,09

RESISTENCIA PROMEDIO f'_{cr}			
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	280	f'_{cr} =	364 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	245	f'_{cr} =	329 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	210	f'_{cr} =	294 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	175	f'_{cr} =	259 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	140	f'_{cr} =	210 kg/cm2
RESISTENCIA DE DISEÑO f_c (kg/cm2) =	100	f'_{cr} =	170 kg/cm2

ASENTAMIENTO			
MEZCLA SECA	0"-2"		
MEZCLA PLÁSTICA	3"-4"	ASENTAMIENTO	3"-4" MEZCLA PLÁSTICA
MEZCLA FLUIDA	6"-7"		

CONTENIDO DE AIRE			
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "	CONTENIDO DE AIRE :	2,0 %

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA			
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/4 "		
ASENTAMIENTO	3"-4"	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA =	205 lt/m3

Luis A. Gutiérrez Yupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356



Código	: INF. N° 01	Región/Provinc	: AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante	: OMAR JHONI CASTILLO MENESES	Distrito	:AYACUCHO
Cantera	: MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA	Lugar	:AYACUCHO
Material	: AGREGADO GRUESO Y FINO	Fecha	: SETIEMBRE DEL 2025

 *Luis A. Gutiérrez Yunanqui*
INGENIERO CIVIL
CIP 286356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	10,72	5,32	47,1	52,9	w/c=0.45	34,8	65,2
w/c=0.50	9,65	5,24	49,2	50,8	w/c=0.50	36,3	63,7
280	10,35	5,29	47,8	52,2	280	35,3	64,7
245	9,47	5,22	49,5	50,5	245	36,6	63,4
210	8,64	5,16	51,1	48,9	210	37,7	62,3
175	7,94	5,11	52,5	47,5	175	38,6	61,4
140	7,05	5,04	54,2	45,8	140	39,7	60,3
100	6,35	4,99	55,6	44,4	100	40,5	59,5

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	455,6	558,8	1132,8	205,0	-	-	2352,1
w/c=0.50	410,0	571,9	1159,4	205,0	-	-	2346,3
280	439,9	563,3	1141,9	205,0	-	-	2350,1
245	402,4	574,1	1163,8	205,0	-	-	2345,3
210	367,1	584,3	1184,4	205,0	-	-	2340,8
175	337,5	592,8	1201,7	205,0	-	-	2337,0
140	299,7	603,7	1223,8	205,0	-	-	2332,2
100	269,7	612,3	1241,3	205,0	-	-	2328,4

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,23	2,49	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,39	2,83	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,28	2,60	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,43	2,89	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,59	3,23	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,76	3,56	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	2,01	4,08	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,27	4,60	32,3	-	-


Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA PLÁSTICA ASENTAMIENTO de 3" a 4")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	455,6	582,4	1134,5	193,7	-	-	2366,1
w/c=0.50	410,0	596,1	1161,1	193,4	-	-	2360,6
280	439,9	587,1	1143,6	193,6	-	-	2364,2
245	402,4	598,4	1165,5	193,4	-	-	2359,7
210	367,1	609,0	1186,2	193,2	-	-	2355,5
175	337,5	617,9	1203,5	193,0	-	-	2351,9
140	299,7	629,2	1225,6	192,8	-	-	2347,3
100	269,7	638,2	1243,2	192,6	-	-	2343,7

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	10,72	0,38	0,67	205,0	193,7	-	-
w/c=0.50	9,65	0,39	0,68	205,0	193,4	-	-
280	10,35	0,38	0,67	205,0	193,6	-	-
245	9,47	0,39	0,68	205,0	193,4	-	-
210	8,64	0,40	0,70	205,0	193,2	-	-
175	7,94	0,40	0,71	205,0	193,0	-	-
140	7,05	0,41	0,72	205,0	192,8	-	-
100	6,35	0,42	0,73	205,0	192,6	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,2	2,2	18,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,4	2,5	20,1	-	-
280	Resistencia	1,0	1,3	2,3	18,7	-	-
245	Resistencia	1,0	1,5	2,6	20,4	-	-
210	Resistencia	1,0	1,6	2,8	22,4	-	-
175	Resistencia	1,0	1,8	3,1	24,3	-	-
140	Resistencia	1,0	2,0	3,6	27,3	-	-
100	Resistencia	1,0	2,3	4,1	30,3	-	-


 Luis A. Gutiérrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01
 Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES
 Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA
 Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA
 Distrito : AYACUCHO
 Lugar : AYACUCHO
 Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

ADITIVO

ADITIVO 01 : ADITIVO 01		MARCA : 0	
DENSIDAD (gr/cm3):	1	DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000
ADITIVO 02: ADITIVO 02		MARCA : 0	
DENSIDAD (gr/cm3):	1	DOSIS (% del peso de cemento) :	0,000

RELACIÓN AGUA/CEMENTO W/C - CEMENTO - ADITIVOS

f'c (kg/cm2)	f'cr (kg/cm2)	W/C	AGUA (lt/m3)	CEMENTO (kg/m3)	VOLUMEN ABS. CEM. (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 01 (m3)	VOL. ABS. ADITIVO 02 (m3)
	Durabilidad	0,45	216	480,0	0,1553	-	-
	Durabilidad	0,50	216	432,0	0,1398	-	-
280	364	0,47	216	463,5	0,1500	-	-
245	329	0,51	216	424,0	0,1372	-	-
210	294	0,56	216	386,8	0,1252	-	-
175	259	0,61	216	355,6	0,1151	-	-
140	210	0,68	216	315,8	0,1022	-	-
100	170	0,76	216	284,2	0,0920	-	-

SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS

w/c o f'c (kg/cm2)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO (m3)	METODO A.C.I		MODULO DE FINEZA		AGREGADO GLOBAL	
		VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO (m3)	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO (m3)
0,45	0,609	0,409	0,200	0,329	0,280	0,414	0,195
0,50	0,624	0,409	0,215	0,323	0,301	0,424	0,200
280	0,614	0,409	0,205	0,327	0,287	0,418	0,196
245	0,627	0,409	0,218	0,334	0,293	0,426	0,201
210	0,639	0,409	0,230	0,318	0,321	0,434	0,204
175	0,649	0,409	0,240	0,314	0,335	0,441	0,208
140	0,662	0,409	0,253	0,308	0,354	0,450	0,212
100	0,672	0,409	0,263	0,303	0,369	0,457	0,215

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR M3 DEL CONCRETO=
 MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO
 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

0,576
 3,24

3/4 "



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS m					METODO DEL ACI		
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	FACTOR CEMENTO (bl/m3)	m	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)	Durabilidad / f'c (kg/cm2)	Porcentaje de agregado fino (%)	Porcentaje de agregado grueso (%)
w/c=0.45	11,29	5,36	46,0	54,0	w/c=0.45	32,8	67,2
w/c=0.50	10,16	5,28	48,2	51,8	w/c=0.50	34,5	65,5
280	10,91	5,33	46,8	53,2	280	33,4	66,6
245	9,98	5,26	48,6	51,4	245	34,7	65,3
210	9,10	5,20	50,2	49,8	210	36,0	64,0
175	8,37	5,14	51,7	48,3	175	37,0	63,0
140	7,43	5,07	53,5	46,5	140	38,2	61,8
100	6,69	5,01	54,9	45,1	100	39,1	60,9

METODO DEL AGREGADO GLOBAL	
% del A.G. =	68,0 %
% del A.F. =	32,0 %

RESUMEN DE MATERIALES SELECCIONADOS SECOS POR M3 DE CONCRETO							
Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA DISEÑO (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	480,0	542,0	1098,6	216,0	-	-	2336,6
w/c=0.50	432,0	555,8	1126,7	216,0	-	-	2330,4
280	463,5	546,7	1108,2	216,0	-	-	2334,5
245	424,0	558,1	1131,3	216,0	-	-	2329,4
210	386,8	568,8	1153,1	216,0	-	-	2324,7
175	355,6	577,8	1171,3	216,0	-	-	2320,7
140	315,8	589,3	1194,5	216,0	-	-	2315,6
100	284,2	598,4	1213,0	216,0	-	-	2311,6

DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA lt/bls)							
f'c (kg/cm2)	W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA DISEÑO (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,00	1,13	2,29	19,1	-	-
Durabilidad	0,50	1,00	1,29	2,61	21,3	-	-
280	Resistencia	1,00	1,18	2,39	19,8	-	-
245	Resistencia	1,00	1,32	2,67	21,6	-	-
210	Resistencia	1,00	1,47	2,98	23,7	-	-
175	Resistencia	1,00	1,62	3,29	25,8	-	-
140	Resistencia	1,00	1,87	3,78	29,1	-	-
100	Resistencia	1,00	2,11	4,27	32,3	-	-


 Luis A. Gutierrez Yupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356



DISEÑO ANALÍTICO DE MEZCLA DE CONCRETO (CONSISTENCIA FLUIDA ASENTAMIENTO de 6" a 7")

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE CASCARA DE HABA EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DEL CONCRETO: HACIA UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN AYACUCHO"

Código : INF. N° 01

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA

Solicitante : OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Distrito : AYACUCHO

Cantera : MATERIAL PUESTO EN OBRA: MATERIAL PUESTO EN OBRA

Lugar : AYACUCHO

Material : AGREGADO GRUESO Y FINO

Fecha : SETIEMBRE DEL 2025

RESUMEN DE MATERIALES HUMEDOS POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)	AGUA EFECTIVA (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)	TOTAL (kg/m3)
w/c=0.45	480,0	564,9	1100,3	205,0	-	-	2350,2
w/c=0.50	432,0	579,3	1128,3	204,8	-	-	2344,4
280	463,5	569,8	1109,9	204,9	-	-	2348,2
245	424,0	581,7	1133,0	204,7	-	-	2343,4
210	386,8	592,8	1154,8	204,5	-	-	2338,9
175	355,6	602,2	1173,0	204,3	-	-	2335,2
140	315,8	614,2	1196,3	204,1	-	-	2330,4
100	284,2	623,7	1214,8	203,9	-	-	2326,6

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN HÚMEDO POR M3 DE CONCRETO

Durabilidad / f'c (kg/cm2)	CEMENTO (bls)	AGREGADO FINO (m3)	AGREGADO GRUESO (m3)	AGUA de Diseño (lt)	AGUA Efectiva (lt)	ADITIVO 01 (gr)	ADITIVO 02 (gr)
w/c=0.45	11,29	0,37	0,65	216,0	205,0	-	-
w/c=0.50	10,16	0,38	0,66	216,0	204,8	-	-
280	10,91	0,37	0,65	216,0	204,9	-	-
245	9,98	0,38	0,66	216,0	204,7	-	-
210	9,10	0,39	0,68	216,0	204,5	-	-
175	8,37	0,39	0,69	216,0	204,3	-	-
140	7,43	0,40	0,70	216,0	204,1	-	-
100	6,69	0,41	0,71	216,0	203,9	-	-

DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO EN PIES CÚBICOS (C:AF:AG:AGUA:ADITIVOS)

f'c (kg/cm2)	Relacion agua/cem. W/C	CEMENTO	AGREGADO FINO AF	AGREGADO GRUESO AG	AGUA (lt/bls)	ADITIVO 01 (gr)/bls	ADITIVO 02 (gr)/bls
Durabilidad	0,45	1,0	1,1	2,0	18,2	-	-
Durabilidad	0,50	1,0	1,3	2,3	20,1	-	-
280	Resistencia	1,0	1,2	2,1	18,8	-	-
245	Resistencia	1,0	1,3	2,4	20,5	-	-
210	Resistencia	1,0	1,5	2,6	22,5	-	-
175	Resistencia	1,0	1,7	2,9	24,4	-	-
140	Resistencia	1,0	1,9	3,3	27,5	-	-
100	Resistencia	1,0	2,1	3,8	30,5	-	-


Luis A. Gutierrez Tupanqui
 INGENIERO CIVIL
 CIP 266356

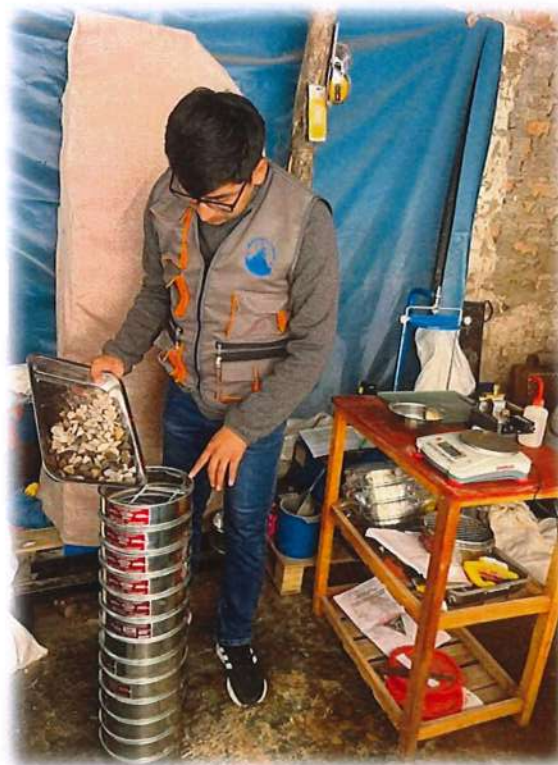
5.

Panel fotográfico









6

Certificado de calibración de equipos


 Luis A. Gutierrez Zupanqui
INGENIERO CIVIL
CIP 266356

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0249-2024**

Expediente
0042

Fecha de Emisión
2024-08-23

- 1. Solicitante**
Razón Social : MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.
Dirección : Urb. Túpac Amaru Mz. B Lt. 15A, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho
- 2. Instrumento** : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : NV6201ZH
Número de serie : 8345677108
Identificación : M-B-002
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 6 200 g
Div. de escala (d) : 0,1 g
Div. de verificación (e) : 1 g
Clase de exactitud : III

- 3. Lugar de Calibración**
LABORATORIO

- 4. Fecha de Calibración**
17 de agosto del 2024.

- 5. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.



Lic. José Luis Panta Abad
CFP N° 0395
Jefe de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0249-2024**

6. Condiciones de Calibración

Temperatura Ambiental : De 22,0 °C a 22,2 °C
Humedad Relativa : De 36,3% H.R. a 37,3% H.R.

7. Patrones de Referencia

Instrumento	Certificado de Calibración
Pesas M2 de 5 kg	MA24-521-1
Juego de pesas M2	MA24-134-1
Juego de pesas E2	LM-C-228-2024

8. Observaciones

Los resultados del certificado sólo están relacionados estrictamente con los instrumentos calibrados descritos en el ítem 2.

Estos resultados no deben ser empleados como un certificado del sistema de calidad o como una declaración de la conformidad de producto.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de METROLOGIA OCP S.A.C.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de METROLOGIA OCP S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados de las calibraciones realizadas por METROLOGIA OCP S.A.C. tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 2 g

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

De acuerdo con lo indicado por el cliente la variación de temperatura local es de 18 °C a 23 °C.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se hace responsable de los datos proporcionados por el cliente.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0249-2024

9. Resultados

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,0
Humedad (%)	37,3	37,3

Carga L1 = 3 000,14 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
3 000,0	0,05	-0,14	
2 999,9	0,05	-0,24	
2 999,9	0,06	-0,25	
3 000,0	0,06	-0,15	
2 999,9	0,05	-0,24	
3 000,0	0,06	-0,15	
3 000,1	0,06	-0,05	
3 000,0	0,05	-0,14	
3 000,0	0,04	-0,13	
3 000,1	0,06	-0,05	
Emáx - Emín = 0,20 g			
emp = 3 g			

Carga L2 = 6 000,32 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
6 000,1	0,06	-0,23	
6 000,2	0,07	-0,14	
6 000,0	0,06	-0,33	
6 000,1	0,06	-0,23	
6 000,1	0,06	-0,23	
6 000,1	0,06	-0,23	
6 000,1	0,07	-0,24	
6 000,1	0,07	-0,24	
6 000,1	0,06	-0,23	
6 000,1	0,07	-0,24	
6 000,1	0,06	-0,23	
Emáx - Emín = 0,19 g			
emp = 3 g			

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,0	22,0
Humedad (%)	36,3	37,3

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,00	1,0	0,05	0,00	2 000,12	2 000,0	0,05	-0,12	-0,12
2		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,06	-0,13	-0,13
3		1,0	0,05	0,00		2 000,1	0,07	-0,04	-0,04
4		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,06	-0,13	-0,13
5		1,0	0,06	-0,01		2 000,0	0,06	-0,13	-0,12
Error Máximo Permissible			1 g		Error Máximo Permissible			3 g	

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0249-2024

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,0	22,1
Humedad (%)	37,3	37,3

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,0	0,05	0,00						
2,00	2,0	0,06	-0,01	-0,01	2,0	0,05	0,00	0,00	1
100,00	100,0	0,05	0,00	0,00	100,0	0,04	0,01	0,01	1
500,00	500,0	0,05	0,00	0,00	500,0	0,05	0,00	0,00	1
1 000,02	1 000,0	0,05	-0,02	-0,02	1 000,0	0,06	-0,03	-0,03	2
1 500,02	1 500,0	0,06	-0,03	-0,03	1 500,0	0,05	-0,02	-0,02	2
2 000,12	1 999,9	0,04	-0,21	-0,21	1 999,9	0,03	-0,20	-0,20	2
2 500,12	2 500,0	0,06	-0,13	-0,13	2 500,0	0,05	-0,12	-0,12	3
3 000,14	3 000,0	0,06	-0,15	-0,15	3 000,0	0,05	-0,14	-0,14	3
3 500,14	3 500,0	0,05	-0,14	-0,14	3 500,0	0,05	-0,14	-0,14	3
4 000,01	4 000,0	0,05	-0,01	-0,01	4 000,1	0,06	0,08	0,08	3
5 000,30	5 000,1	0,06	-0,21	-0,21	5 000,1	0,07	-0,22	-0,22	3
6 200,32	6 200,1	0,06	-0,23	-0,23	6 200,1	0,06	-0,23	-0,23	3

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R + 3,97 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{7,52 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 5,23 \times 10^{-10} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2024

Expediente
0042

Fecha de Emisión
2024-08-23

1. **Solicitante**
Razón Social : MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.
Dirección : Urb. Túpac Amaru Mz. B Lt. 15A, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho
2. **Instrumento** : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : R21PE30HZ
Número de serie : 8354770505
Identificación : M-B-003
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 30 000 g
Div. de escala (d) : 1 g
Div. de verificación (e) : 10 g
Clase de exactitud : III

3. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO

4. **Fecha de Calibración**
17 de agosto del 2024.

5. **Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.



Lic. José Luis Panta Abad
CFP N° 0395
Jefe de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2024**

6. Condiciones de Calibración

Temperatura Ambiental : De 22,2 °C a 22,3 °C
Humedad Relativa : De 36,3% H.R. a 37,3% H.R.

7. Patrones de Referencia

Instrumento	Certificado de Calibración
Pesas M2 de 20 kg	MA24-521-3
Pesas M2 de 10 kg	MA24-521-2
Pesas M2 de 5 kg	MA24-521-1
Juego de pesas M2	CM-0399-2024
Juego de pesas M2	MA24-134-1

8. Observaciones

Los resultados del certificado sólo están relacionados estrictamente con los instrumentos calibrados descritos en el ítem 2.

Estos resultados no deben ser empleados como un certificado del sistema de calidad o como una declaración de la conformidad de producto.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de METROLOGIA OCP S.A.C.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de METROLOGIA OCP S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados de las calibraciones realizadas por METROLOGIA OCP S.A.C. tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 20 g

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

De acuerdo con lo indicado por el cliente la variación de temperatura local es de 18 °C a 23 °C.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se hace responsable de los datos proporcionados por el cliente.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2024

9. Resultados

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,3
Humedad (%)	37,3	36,3

Carga L1 = 15 000,9 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
14 999	0,4	-1,8
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
Emáx - Emín =	0,9 g	
emp =	20 g	

Carga L2 = 30 002,0 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
Emáx - Emín =	0,1 g	
emp =	30 g	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,3
Humedad (%)	36,3	36,3

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,5	0,0	10 000,6	10 000	0,5	-0,6	-0,6
2		10	0,5	0,0		10 000	0,5	-0,6	-0,6
3		10	0,5	0,0		10 000	0,5	-0,6	-0,6
4		10	0,5	0,0		10 000	0,5	-0,6	-0,6
5		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-1,5	-1,5
Error Máximo Permissible			10 g		Error Máximo Permissible			20 g	

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2024

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,3	22,2
Humedad (%)	36,3	37,3

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,6	-0,1	-0,1	10
250,0	250	0,5	0,0	0,0	250	0,4	0,1	0,1	10
500,0	500	0,6	-0,1	-0,1	500	0,4	0,1	0,1	10
1 000,0	1 000	0,6	-0,1	-0,1	1 000	0,5	0,0	0,0	10
5 000,3	5 000	0,5	-0,3	-0,3	5 000	0,5	-0,3	-0,3	10
8 000,4	8 000	0,5	-0,4	-0,4	8 000	0,6	-0,5	-0,5	20
10 000,6	10 000	0,4	-0,5	-0,5	10 000	0,4	-0,5	-0,5	20
12 000,7	12 000	0,4	-0,6	-0,6	12 000	0,4	-0,6	-0,6	20
15 000,9	15 000	0,5	-0,9	-0,9	15 000	0,5	-0,9	-0,9	20
20 001,4	20 000	0,4	-1,3	-1,3	20 000	0,5	-1,4	-1,4	20
25 001,7	25 000	0,5	-1,7	-1,7	25 000	0,5	-1,7	-1,7	30
30 002,0	30 000	0,5	-2,0	-2,0	30 000	0,5	-2,0	-2,0	30

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R + 6,21 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{3,86 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 1,21 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0251-2024

Expediente
0042

Fecha de Emisión
2024-08-23

1. **Solicitante**
Razón Social : MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.
Dirección : Urb. Túpac Amaru Mz. B Lt. 15A, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho
2. **Instrumento** : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : NV622ZH
Número de serie : 8343101230
Identificación : M-B-001
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 620 g
Div. de escala (d) : 0,01 g
Div. de verificación (e) : 0,1 g
Clase de exactitud : II

3. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO

4. **Fecha de Calibración**
17 de agosto del 2024.

5. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" del INDECOPI.



Lic. José Luis Panta Abad
CFP N° 0395
Jefe de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0251-2024**

6. Condiciones de Calibración

Temperatura Ambiental : De 22,1 °C a 22,3 °C
Humedad Relativa : De 36,3% H.R. a 38,3% H.R.

7. Patrones de Referencia

Instrumento	Certificado de Calibración
Juego de pesas E2	LM-C-228-2024
Pesa E2 de 500 g	LM-C-056-2024

8. Observaciones

Los resultados del certificado sólo están relacionados estrictamente con los instrumentos calibrados descritos en el ítem 2.

Estos resultados no deben ser empleados como un certificado del sistema de calidad o como una declaración de la conformidad de producto.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de METROLOGIA OCP S.A.C.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de METROLOGIA OCP S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados de las calibraciones realizadas por METROLOGIA OCP S.A.C. tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 0,5 g

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

De acuerdo con lo indicado por el cliente la variación de temperatura local es de 18 °C a 23 °C.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se hace responsable de los datos proporcionados por el cliente.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0251-2024

9. Resultados

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,3
Humedad (%)	37,3	36,3

Carga L1 = 300,000 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
300,01	0,006	0,009	
300,02	0,007	0,018	
300,01	0,006	0,009	
300,02	0,007	0,018	
300,01	0,006	0,009	
300,01	0,006	0,009	
300,01	0,006	0,009	
300,02	0,007	0,018	
300,00	0,005	0,000	
Emáx - Emín = 0,018 g			
emp = 0,1 g			

Carga L2 = 600,000 g			
I (g)	ΔL (g)	E (g)	
600,01	0,006	0,009	
600,00	0,005	0,000	
600,00	0,005	0,000	
600,01	0,006	0,009	
600,00	0,005	0,000	
600,00	0,005	0,000	
600,00	0,004	0,001	
600,00	0,005	0,000	
600,01	0,006	0,009	
600,00	0,005	0,000	
Emáx - Emín = 0,009 g			
emp = 0,2 g			

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,3	22,2
Humedad (%)	36,3	37,3

Posición de las Cargas



Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,100	0,11	0,006	0,009	200,000	200,01	0,006	0,009	0,000
2		0,11	0,006	0,009		200,02	0,007	0,018	0,009
3		0,11	0,005	0,010		200,01	0,006	0,009	-0,001
4		0,11	0,007	0,008		200,00	0,005	0,000	-0,008
5		0,11	0,007	0,008		200,02	0,007	0,018	0,010
Error Máximo Permissible			0,1 g		Error Máximo Permissible			0,1 g	

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0251-2024**

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,1
Humedad (%)	37,3	38,3

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,100	0,10	0,005	0,000						
0,500	0,50	0,005	0,000	0,000	0,50	0,005	0,000	0,000	0,1
10,000	10,00	0,005	0,000	0,000	10,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
50,000	50,00	0,006	-0,001	-0,001	50,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
100,000	100,00	0,006	-0,001	-0,001	100,00	0,005	0,000	0,000	0,1
150,000	150,00	0,004	0,001	0,001	150,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
200,000	200,01	0,006	0,009	0,009	200,01	0,006	0,009	0,009	0,1
250,000	250,01	0,006	0,009	0,009	250,01	0,007	0,008	0,008	0,1
300,000	300,02	0,007	0,018	0,018	300,00	0,005	0,001	0,001	0,1
350,000	350,01	0,005	0,010	0,010	350,01	0,006	0,009	0,009	0,1
400,000	400,01	0,005	0,010	0,010	400,00	0,004	0,001	0,001	0,1
500,000	500,00	0,005	0,000	0,000	500,00	0,006	-0,001	-0,001	0,1
620,000	620,01	0,005	0,010	0,010	620,01	0,005	0,010	0,010	0,2

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Eo : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA : $R_{\text{corregida}} = R - 2,34 \times 10^{-5} \times R$

INCERTIDUMBRE : $U_R = 2 \times \sqrt{7,31 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 4,72 \times 10^{-10} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

Fin del documento

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024**

Expediente
0042

Fecha de Emisión
2024-08-23

- 1. Solicitante**
Razón Social : MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.
Dirección : Urb. Túpac Amaru Mz. B Lt. 15A, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho

- 2. Equipo** : HORNO
Marca : PERUTEST
Modelo : PT-H136
Número de serie : 0178
Identificación : M-H-001
Procedencia : CHINA
Ventilación : FORZADA
Temperatura de trabajo : $60\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$
 $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$

**Instrumento de
medición del equipo** :

	Tipo	Intervalo de Indicación	Resolución
Termómetro	DIGITAL	De 0 °C a 300 °C	0,1 °C
Controlador	DIGITAL	De 0 °C a 300 °C	0,1 °C

Ubicación : LABORATORIO

- 3. Lugar de Calibración**
LABORATORIO
- 4. Fecha de Calibración**
17 de agosto del 2024.
- 5. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, 2009: "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático" publicada por el SNM/INDECOPI.



Lic. José Luis Panta Abad
CFP N° 0395
Jefe de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024**

6. Condiciones de Calibración

Temperatura Ambiental : De 22,0 °C a 22,1 °C
Humedad Relativa : De 36,3 %hr a 38,3 %hr
Tensión Eléctrica : 224,6 V
Posición del Controlador : 60,0 °C // 110,0 °C
Posición de la Ventilación : NO INDICA
Carga : 40 Crisoles conteniendo cemento distribuidos en 2 parrillas, lo cual representa aproximadamente el 40 % de carga total.

7. Patrones de Referencia

Instrumento	Certificado de Calibración
Termómetro multicanal de indicación digital	CT-1071-2024

8. Observaciones

Los resultados del certificado sólo están relacionados estrictamente con los instrumentos calibrados descritos en el ítem 2.

Estos resultados no deben ser empleados como un certificado del sistema de calidad o como una declaración de la conformidad de producto.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de METROLOGIA OCP S.A.C.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de METROLOGIA OCP S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados de las calibraciones realizadas por METROLOGIA OCP S.A.C. tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

El tiempo de estabilización fue de 120 minutos, contados a partir del cierre de la puerta y encendido del equipo.

No se realizó ajuste instrumento antes de su calibración.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el equipo cumple con los límites especificados de temperatura de $60\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el equipo cumple con los límites especificados de temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024**

9. Resultados

Para la Temperatura de Trabajo de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

t (min)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmáx - Tmín (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	60,0	60,1	61,3	60,9	58,5	58,1	61,9	60,3	61,4	62,5	62,1	60,7	4,3
2	60,0	60,3	61,4	61,0	58,6	57,7	62,2	60,4	61,5	62,8	62,3	60,8	5,0
4	60,0	60,5	61,6	61,2	58,8	57,9	62,3	60,6	61,6	63,0	62,4	61,0	5,0
6	60,0	60,3	61,3	60,9	58,5	57,9	62,0	60,4	61,5	62,7	62,1	60,8	4,7
8	60,0	60,4	61,5	61,1	58,8	57,9	62,3	60,5	61,6	63,0	62,3	60,9	5,0
10	60,0	60,4	61,5	61,1	58,7	58,1	62,3	60,5	61,7	62,9	62,2	60,9	4,7
12	60,0	60,3	61,4	60,9	58,7	57,7	62,2	60,4	61,5	62,8	62,1	60,8	5,0
14	60,0	60,5	61,6	61,2	58,9	57,9	62,5	60,6	61,7	63,0	62,4	61,0	5,0
16	60,0	60,5	61,6	61,2	58,8	57,8	62,3	60,6	61,6	63,0	62,3	61,0	5,1
18	60,0	60,4	61,4	61,1	58,7	57,2	62,1	60,4	61,6	62,8	62,4	60,8	5,5
20	60,0	60,5	61,6	61,2	58,8	57,4	62,3	60,6	61,7	63,0	62,5	61,0	5,5
22	60,0	60,5	61,6	61,2	58,8	57,8	62,4	60,6	61,7	63,0	62,3	61,0	5,1
24	60,0	60,5	61,4	61,0	58,7	57,4	62,0	60,4	61,5	62,6	62,2	60,8	5,1
26	60,0	60,3	61,3	60,9	58,6	58,3	61,9	60,3	61,4	62,6	62,2	60,8	4,2
28	60,0	60,4	61,5	61,2	58,8	57,9	62,3	60,5	61,6	62,9	62,4	60,9	4,9
30	60,0	60,4	61,3	60,9	58,7	57,9	62,0	60,2	61,4	62,5	62,0	60,7	4,5
32	60,0	60,3	61,3	60,9	58,6	57,9	62,0	60,3	61,4	62,7	62,1	60,7	4,7
34	60,0	60,5	61,6	61,0	58,8	57,7	62,4	60,6	61,7	63,0	62,5	61,0	5,2
36	60,0	60,5	61,2	60,9	58,6	57,4	61,8	60,3	61,5	62,4	62,1	60,7	4,9
38	60,0	60,4	61,4	61,1	58,8	57,8	62,2	60,5	61,6	62,9	62,3	60,9	5,0
40	60,0	60,5	61,5	61,1	58,8	57,4	62,2	60,5	61,6	62,8	62,4	60,9	5,3
42	60,0	60,5	61,2	60,9	58,6	58,3	61,9	60,2	61,4	62,5	62,1	60,8	4,1
44	60,0	60,5	61,5	61,1	58,7	57,9	62,2	60,6	61,7	62,9	62,4	60,9	4,9
46	60,0	60,3	61,2	60,9	58,5	57,9	61,9	60,4	61,5	62,5	62,0	60,7	4,5
48	60,0	60,4	61,4	60,9	58,8	57,9	62,2	60,4	61,5	62,8	62,3	60,9	4,8
50	60,0	60,4	61,4	61,1	58,9	57,7	62,1	60,6	61,6	62,7	62,3	60,9	4,9
52	60,0	60,3	61,2	60,8	58,6	57,9	61,9	60,3	61,4	62,5	62,0	60,7	4,5
54	60,0	60,5	61,6	61,1	59,0	58,1	62,2	60,6	61,6	62,9	62,4	61,0	4,7
56	60,0	60,5	61,3	60,9	58,6	57,7	61,9	60,3	61,5	62,5	62,0	60,7	4,7
58	60,0	60,4	61,5	61,0	58,8	57,9	62,3	60,5	61,6	62,9	62,3	60,9	4,9
60	60,0	60,5	61,5	61,1	58,9	57,8	62,2	60,7	61,7	62,8	62,3	60,9	4,9
T.PROM	60,0	60,4	61,4	61,0	58,7	57,8	62,2	60,5	61,5	62,7	62,3	60,8	
T.MAX	60,0	60,5	61,6	61,2	59,0	58,3	62,5	60,7	61,7	63,0	62,5		
T.MIN	60,0	60,1	61,2	60,8	58,5	57,2	61,8	60,2	61,4	62,4	62,0		
DTT	0,0	0,4	0,4	0,4	0,5	1,1	0,7	0,5	0,3	0,6	0,5		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024

Para la Temperatura de Trabajo de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Parámetro	Valor ($^{\circ}\text{C}$)	Incertidumbre Expandida ($^{\circ}\text{C}$)
Temperatura máxima medida	63,0	0,3
Temperatura mínima medida	57,2	0,3
Desviación de temperatura en el tiempo	1,1	0,1
Desviación de temperatura en el espacio	4,9	0,3
Estabilidad medida ($\pm$)	0,55	0,04
Uniformidad medida	5,5	0,3

t	: Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
I	: Indicación del termómetro del equipo.	Tprom	: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX	: Temperatura máxima.		
T.MIN	: Temperatura mínima.		
DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.		

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

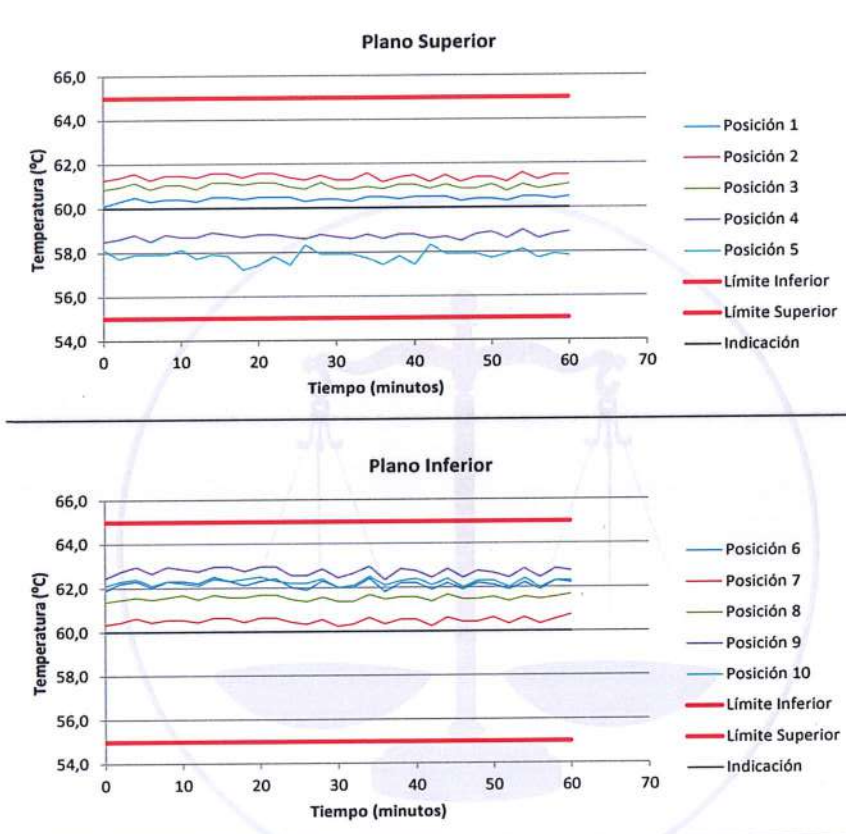
La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024

Gráfica para la Temperatura de Trabajo de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024**

Para la Temperatura de Trabajo de 110 °C ± 5 °C

t (min)	I (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmáx - Tmín (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,0	109,8	113,1	110,8	107,9	108,9	114,2	110,9	113,9	113,3	113,3	111,6	6,3
2	110,0	110,1	113,2	111,2	107,6	109,0	114,4	111,1	114,1	113,7	113,5	111,8	6,8
4	110,0	110,4	113,1	111,3	107,4	109,5	113,7	111,4	114,4	113,9	113,5	111,9	6,9
6	110,0	110,2	112,7	111,2	107,6	109,1	114,2	111,2	114,1	113,4	113,9	111,8	6,6
8	110,0	110,5	112,7	111,3	107,6	109,4	114,5	111,1	114,0	113,8	113,5	111,8	6,9
10	110,0	110,8	113,0	111,7	107,1	109,6	114,2	111,3	114,0	113,9	113,6	111,9	7,1
12	110,0	110,6	112,6	111,6	107,6	109,6	114,3	111,4	113,9	113,5	113,6	111,9	6,7
14	110,0	110,6	112,4	111,5	107,4	109,5	114,3	111,0	114,1	113,6	113,8	111,8	6,9
16	110,0	111,0	112,7	111,8	107,6	109,8	113,7	111,2	114,4	113,6	113,3	111,9	6,7
18	110,0	110,9	112,9	111,9	107,6	109,6	113,7	111,3	114,1	113,2	113,6	111,9	6,4
20	110,0	110,4	112,4	111,5	107,1	109,3	113,9	110,8	113,5	113,3	113,8	111,6	6,8
22	110,0	110,7	112,6	111,7	107,3	109,4	114,1	110,9	114,0	114,0	113,3	111,8	6,8
24	110,0	110,7	112,6	111,7	107,1	109,5	114,4	111,2	114,0	113,4	113,1	111,8	7,3
26	110,0	110,1	112,2	111,3	106,8	109,0	114,2	110,4	113,9	113,4	113,6	111,5	7,4
28	110,0	110,2	112,3	111,4	106,8	109,1	114,5	110,5	114,1	114,0	113,8	111,7	7,7
30	110,0	110,4	112,6	111,6	107,2	109,2	114,7	110,5	114,4	113,5	113,5	111,8	7,5
32	110,0	110,1	113,2	111,2	107,9	109,0	114,2	110,9	114,1	113,4	114,1	111,8	6,3
34	110,0	110,4	113,1	111,3	107,6	109,5	113,7	111,0	113,5	114,0	113,9	111,8	6,4
36	110,0	110,2	112,7	111,2	107,4	109,1	113,7	110,9	114,0	113,7	113,5	111,6	6,5
38	110,0	110,5	112,7	111,3	107,6	109,4	113,9	111,1	114,0	113,4	113,5	111,7	6,3
40	110,0	110,8	113,0	111,7	107,6	109,6	114,1	111,4	113,9	113,9	113,9	112,0	6,5
42	110,0	110,6	112,6	111,6	107,6	109,6	114,4	111,2	114,1	113,8	113,5	111,9	6,8
44	110,0	110,6	112,4	111,5	107,4	109,5	114,2	111,1	114,4	113,8	113,6	111,8	6,9
46	110,0	111,0	112,7	111,8	107,6	109,8	114,5	111,3	114,1	113,7	113,6	112,0	6,9
48	110,0	110,9	112,9	111,9	107,6	109,6	114,7	111,4	114,0	113,4	113,8	112,0	7,1
50	110,0	110,4	112,4	111,5	107,1	109,3	114,2	111,0	114,0	113,1	113,3	111,6	7,1
52	110,0	110,7	112,6	111,7	107,3	109,4	114,4	111,2	113,9	113,7	113,6	111,8	7,1
54	110,0	110,7	112,6	111,7	107,1	109,5	113,7	111,3	114,1	113,6	113,8	111,8	6,9
56	110,0	110,1	112,2	111,3	106,8	109,0	114,2	110,8	114,4	113,3	113,3	111,5	7,6
58	110,0	110,2	112,3	111,4	106,8	109,1	114,5	110,9	114,1	113,6	113,1	111,6	7,7
60	110,0	110,4	112,6	111,6	107,2	109,2	114,2	111,2	114,1	113,9	113,6	111,8	7,0
T.PROM	110,0	110,4	112,7	111,4	107,4	109,4	114,2	111,1	114,0	113,6	113,6	111,8	
T.MAX	110,0	111,0	113,2	111,9	107,9	109,8	114,7	111,4	114,4	114,0	114,1		
T.MIN	110,0	109,8	112,2	110,8	106,8	108,9	113,7	110,4	113,5	113,1	113,1		
DTT	0,0	1,2	1,0	1,1	1,1	0,9	1,0	1,0	0,8	0,9	1,0		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024

Para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Parámetro	Valor ($^{\circ}\text{C}$)	Incertidumbre Expandida ($^{\circ}\text{C}$)
Temperatura Máxima Medida	114,7	0,3
Temperatura Mínima Medida	106,8	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,2	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,8	0,3
Estabilidad Medida ($\pm$)	0,60	0,04
Uniformidad Medida	7,7	0,3

t : Instante de tiempo en minutos.

I : Indicación del termómetro del equipo.

T.MAX : Temperatura máxima.

T.MIN : Temperatura mínima.

DTT : Desviación de temperatura en el tiempo.

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

Tprom : Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

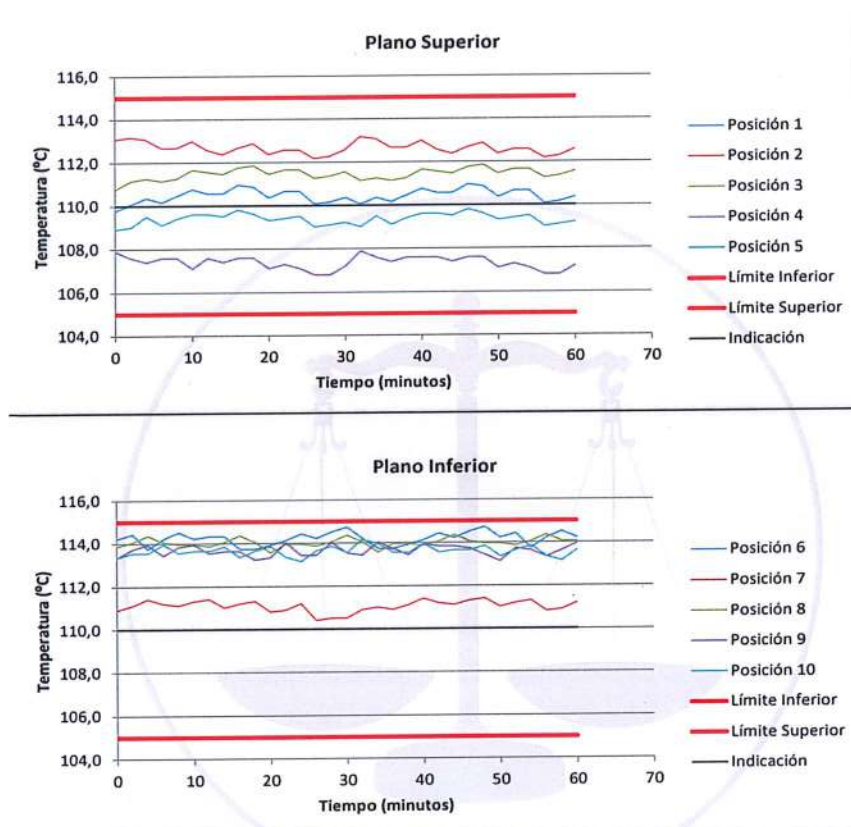
La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

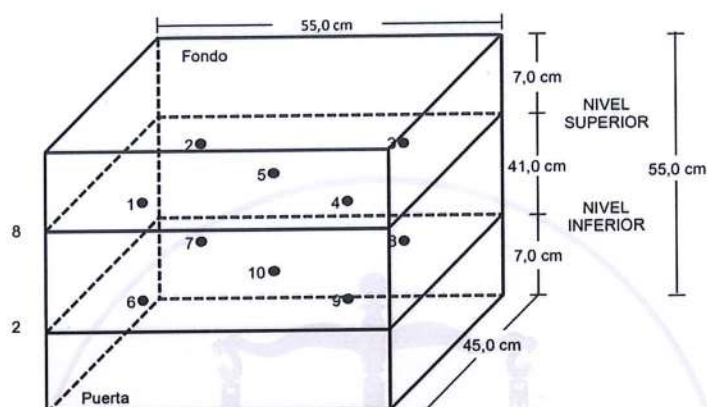
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024

Gráfica para la Temperatura de Trabajo de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LT-0281-2024**

Distribución de los Termopares



Los termopares del 1 al 5 se ubicaron a 5,0 cm por encima del nivel superior.
Los termopares del 6 al 10 se ubicaron a 4,0 cm por debajo del nivel inferior.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 se ubicaron a 7,0 cm de las paredes laterales y a 6,0 cm de frente y fondo del equipo.
Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivo nivel.



Foto referencial
Fin del documento

I.

**CERTIFICADO DE
CALIBRACIÓN**



Luis Angel Gutierrez Yupanqui
Celular: 954836091
Correo: luis.gutierrez.y@uni.pe
CIP: 266356

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2025

Expediente
0042

Fecha de Emisión
2025-08-25

1. **Solicitante**
Razón Social : MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.
Dirección : Urb. Túpac Amaru Mz. B Lt. 15A, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho
2. **Instrumento** : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Clasificación : NO AUTOMÁTICA
Marca : OHAUS
Modelo : R21PE30HZ
Número de serie : 8354770505
Identificación : M-B-003
Procedencia : CHINA
Capacidad máxima : 30 000 g
Div. de escala (d) : 1 g
Div. de verificación (e) : 10 g
Clase de exactitud : III

3. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO

4. **Fecha de Calibración**
17 de agosto del 2025.

5. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.



Lic. José Luis Panta Abad
CFP N° 0395
Jefe de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2025**

6. Condiciones de Calibración

Temperatura Ambiental : De 22,2 °C a 22,3 °C
Humedad Relativa : De 36,3% H.R. a 37,3% H.R.

7. Patrones de Referencia

Instrumento	Certificado de Calibración
Pesas M2 de 20 kg	MA24-521-3
Pesas M2 de 10 kg	MA24-521-2
Pesas M2 de 5 kg	MA24-521-1
Juego de pesas M2	CM-0399-2024
Juego de pesas M2	MA24-134-1

8. Observaciones

Los resultados del certificado sólo están relacionados estrictamente con los instrumentos calibrados descritos en el ítem 2.

Estos resultados no deben ser empleados como un certificado del sistema de calidad o como una declaración de la conformidad de producto.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de METROLOGIA OCP S.A.C.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de METROLOGIA OCP S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados de las calibraciones realizadas por METROLOGIA OCP S.A.C. tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 20 g

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

De acuerdo con lo indicado por el cliente la variación de temperatura local es de 18 °C a 23 °C.

METROLOGIA OCP S.A.C. no se hace responsable de los datos proporcionados por el cliente.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2025**

9. Resultados

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,3
Humedad (%)	37,3	36,3

Carga L1 = 15 000,9 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
14 999	0,4	-1,8
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
14 999	0,4	-1,8
15 000	0,5	-0,9
Emáx - Emín =	0,9 g	
emp =	20 g	

Carga L2 = 30 002,0 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,4	-1,9
30 000	0,5	-2,0
Emáx - Emín =	0,1 g	
emp =	30 g	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,2	22,3
Humedad (%)	36,3	36,3

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,5	0,0	10 000,6	10 000	0,5	-0,6	-0,6
2		10	0,5	0,0		10 000	0,5	-0,6	-0,6
3		10	0,5	0,0		10 000	0,5	-0,6	-0,6
4		10	0,5	0,0		10 000	0,5	-0,6	-0,6
5		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-1,5	-1,5
Error Máximo Permissible			10 g		Error Máximo Permissible			20 g	

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° LM-0250-2025**

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	22,3	22,2
Humedad (%)	36,3	37,3

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,5	0,0		20	0,6	-0,1	-0,1	10
20,0	20	0,5	0,0	0,0	250	0,4	0,1	0,1	10
250,0	250	0,5	0,0	0,0	500	0,4	0,1	0,1	10
500,0	500	0,6	-0,1	-0,1	1 000	0,5	0,0	0,0	10
1 000,0	1 000	0,6	-0,1	-0,1	5 000,3	0,5	-0,3	-0,3	10
5 000,3	5 000	0,5	-0,3	-0,3	8 000,4	0,6	-0,5	-0,5	20
8 000,4	8 000	0,5	-0,4	-0,4	10 000,6	0,4	-0,5	-0,5	20
10 000,6	10 000	0,4	-0,5	-0,5	12 000,7	0,4	-0,6	-0,6	20
12 000,7	12 000	0,4	-0,6	-0,6	15 000,9	0,5	-0,9	-0,9	20
15 000,9	15 000	0,5	-0,9	-0,9	20 001,4	0,5	-1,4	-1,4	20
20 001,4	20 000	0,4	-1,3	-1,3	25 001,7	0,5	-1,7	-1,7	30
25 001,7	25 000	0,5	-1,7	-1,7	30 002,0	0,5	-2,0	-2,0	30
30 002,0	30 000	0,5	-2,0	-2,0					

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.
Ec : Error en cero.

Ec : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA	:	$R_{\text{corregida}} = R + 6,21 \times 10^{-5} \times R$
INCERTIDUMBRE	:	$U_R = 2 \times \sqrt{3,86 \times 10^{-1} g^2 + 1,21 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0102-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente 0432
2. Solicitante MANDER GEOESTRUTURAS E.I.R.L.
3. Dirección URB. TÚPAC AMARU MZ. B LT. 15A, AYACUCHO, HUAMANGA, AYACUCHO

4. Instrumento calibrado MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)

Marca PERUTEST

Modelo PC-120

N° de serie 1082

Identificación NO INDICA

Procedencia PERÚ

Intervalo de indicación 0 kgf a 120000 kgf

Resolución 10 kgf

Clase de exactitud NO INDICA

Modo de fuerza Compresión

Indicador Digital

Marca NO INDICA

Serie NO INDICA

Modelo NO INDICA

Resolución 10 kgf

Transductor de Presión

Marca ZEMIC

Serie 4032

Modelo YB15

5. Fecha de calibración 2025-06-09

Fecha de Emisión

2025-06-12



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/06/2024 12:55:53-0500

Jefe de Laboratorio



Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0102-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Instalaciones de SOILTEST PERU S.R.L. ubicado en Mza. T2 Lt. 4 Covadonga Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	15,8 °C	17,1 °C
Humedad relativa	34 %	32 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 272 kg	INF-LE N° 070-24 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0102-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio	
		Ascenso kgf	Ascenso kgf	Ascenso kgf	Descenso kgf	Ascenso kgf	kgf	
%	kgf							kgf
10	10000	9967	9972	9997	--	--	9979	21
20	20000	20031	20021	20050	--	--	20034	-34
30	30000	30043	30048	30098	--	--	30063	-63
40	40000	40021	40041	40016	--	--	40026	-26
50	50000	49962	49952	50002	--	--	49972	28
60	60000	59948	59958	59893	--	--	59933	67
70	70000	69938	69923	69868	--	--	69910	90
80	80000	79958	79943	79823	--	--	79908	92
90	90000	89951	89921	89861	--	--	89911	89
100	100000	99949	99944	99859	--	--	99917	83

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kgf						%
10	10000	0,21	0,30	--	0,10	--	0,97
20	20000	-0,17	0,15	--	0,05	--	0,54
30	30000	-0,21	0,18	--	0,03	--	0,43
40	40000	-0,06	0,06	--	0,03	--	0,36
50	50000	0,06	0,10	--	0,02	--	0,34
60	60000	0,11	0,11	--	0,02	--	0,33
70	70000	0,13	0,10	--	0,01	--	0,32
80	80000	0,12	0,17	--	0,01	--	0,32
90	90000	0,10	0,10	--	0,01	--	0,31
100	100000	0,08	0,09	--	0,01	--	0,30

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %



CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0102-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Consulta RUC

Resultado de la Búsqueda

Número de RUC:

20611684682 - MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.

Tipo Contribuyente:

EMPRESA INDIVIDUAL DE RESP. LTDA

Nombre Comercial:

MANDER GEOESTRUCTURAS E.I.R.L.

Fecha de Inscripción:

13/10/2023

Fecha de Inicio de Actividades:

06/11/2023

Estado del Contribuyente:

ACTIVO

Condición del Contribuyente:

HABIDO

Domicilio Fiscal:

BL. COVADONGA MZA. Q2 LOTE. 10 A.H. COVADONGA AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO

Sistema Emisión de Comprobante:

SIN SISTEMA

Actividad Comercio Exterior:

SIN ACTIVIDAD

Sistema Contabilidad:

COMPUTARIZADO

Actividad(es) Económica(s):

Principal - 7110 - ACTIVIDADES DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA Y ACTIVIDADES CONEXAS DE CONSULTORÍA TÉCNICA

Secundaria 1 - 7120 - ENSAYOS Y ANÁLISIS TÉCNICOS

Secundaria 2 - 4752 - VENTA AL POR MENOR DE ARTÍCULOS DE FERRETERÍA, PINTURAS Y PRODUCTOS DE VIDRIO EN COMERCIOS ESPECIALIZADOS

Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):

NINGUNO

Sistema de Emisión Electrónica:

FACTURA PORTAL DESDE 30/09/2024

BOLETA PORTAL DESDE 25/07/2025

Emisor electrónico desde:

30/09/2024

Comprobantes Electrónicos:

FACTURA (desde 30/09/2024),BOLETA (desde 25/07/2025)

Afiliado al PLE desde:

-

Padrones:

NINGUNO

Fecha consulta: 28/11/2025 16:47

№ 005310



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA

GERENCIA DE DESARROLLO ECONÓMICO

SUBGERENCIA DE COMERCIO, LICENCIAS Y CONTROL SANITARIO

LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEFINITIVA

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL **MANDER GEOESTRUCTURAS EIRL**

NOMBRE COMERCIAL "MANDER GEOESTRUCTURAS INGENIERIA Y LABORATORIO DE GEOTECNIA, AGUA Y SUELOS"

DIRECCIÓN ASOC. DE POBLADORES TUPAC AMARU MZ "B"- LOTE 15A

R.U.C.: 20611684682 CATEGORIA: 1-A (INTERMEDIO)

GIRO (S) SERVICIO DE INGENIERIA Y LABORATORIO ÁREA: 116.00 M²

AYACUCHO, 09 de septiembre 2024 LICENCIA N°: 202412452

ZONIFICACIÓN: RDM-2 **EXPEDIENTE Nº:** 2452826-2024
RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA -2

AUTORIZACIÓN PARA OPERAR DE: 06:00 HORAS **HASTA:** 23:00 HORAS

CÓDIGO DE PROPIETARIO SIGETI: 000000000000000000000000,
Prohibido el cambio de giro de negocio, venta de bebidas alcohólicas
dentro y fuera del local, uso de la vía pública, generar ruidos que excedan
los límites permitidos, desechar residuos que generen riesgo ambiental.
Asumiendo el titular de la licencia las responsabilidades civiles, penales
y administrativas correspondientes bajo responsabilidad de licencia.

VENCE:
DD/MM/AAAA
//****

INDICACIONES:

- Esta licencia no podrá ser utilizado por otra persona que no sea el titular de la misma.
- Esta licencia debe ser colocada en lugar visible.
- La tasa de los arbitrios municipales se pagarán dentro del trimestre.
- EL titular de la presente licencia debe comunicar a la Subgerencia de Comercio, Licencias y control sanitario, si amplía, reduce el área del local, cierra, cambia de local, o de giro a fin de anular esta licencia.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA
Gerencia de Desarrollo Económico
Sub Gerencia de Comercio y Licencias

Econ. Heder L. Chanco Najarro
SUB GERENTE

PROVINCIA – HUAMANGA- DISTRITO - AYACUCHO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 966942996

Ayacucho – Perú

“Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana”

Región : Ayacucho HR: 0008
Provincia : Huamanga
Distrito : Socos
Localidad :
Proyecto : “Influencia de la Incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto: hacia una alternativa sostenible en Ayacucho”
Muestra : Ceniza de Cáscara de Haba
Solicitante : Sr. Omar Jhoni Castillo Meneses

ANALISIS QUIMICO

Muestra	Humedad (%)	Fósforo (% P)	Potasio (% K)	Calcio (% Ca)	Magnesio (% Mg)	Azufre (% S)	Minerales (%Ceniza)
01	8.70	1.53	2.51	12.14	2.26	0.65	93.8
	C. E. (mS/cm)	Fósforo (% P ₂ O ₅)	Potasio (% K ₂ O)	Calcio (% CaO)	Magnesio (% MgO)	Azufre (% SO ₄ ²⁻)	Minerales (%Ceniza)
01	.-	3.51	3.02	17.00	3.76	1.96	93.8

Muestra	pH	Carbonatos (%CO ₃ ²⁻)
01	12.3	24.3

METODOLOGIA:

MINERALES (CENIZA): Incineración en Mufla a 600°C

FOSFORO: Colorimetría

POTASIO Y AZUFRE: Turbidimetría

CALCIO Y MAGNESIO: Absorción Atómica

Ayacucho, 19 de Noviembre del 2025

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE


Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120

EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA: Ca, Mg, K



DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN ESTUFA A 105°C



ACENIZACION DE LOS RESIDUOS DE HABA EN MUFLA A 400-600°C



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE


Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120

PESO DE CENIZA DE RESIDUOS DE HABA



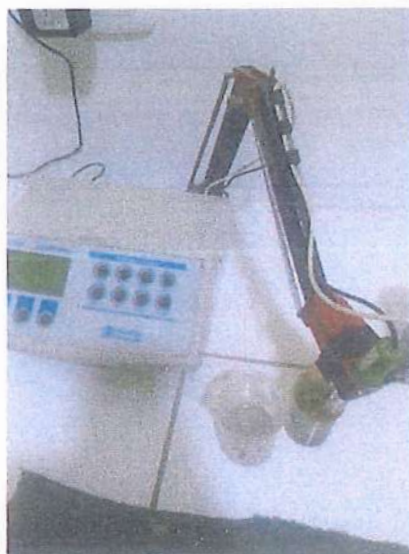
DISOLUCION DE LA CENIZA DE HABA



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO:
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

JMB
Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120

DETERMINACION DEL pH



Determinación de P



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 14-2026-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la Resolución Decanal No 070-2026-FIMGC-D, a los treinta días del mes de abril de 2026, siendo las 10:40 a.m., reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Civil, bajo la presidencia del Mg. Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA, y los miembros: Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS, MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS y Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON, actuando como secretario docente el Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

Omar Jhoni CASTILLO MENESES

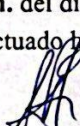
Quien presentó la tesis denominada:

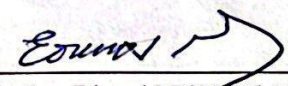
Influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto: hacia una alternativa sostenible en Ayacucho

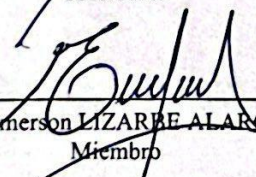
Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

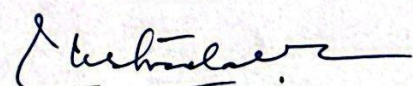
Aprobado con 16 (dieciseis)

Siendo las 11:58 a.m. del día 30 de abril del 2026, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.


Mg. Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA
Presidente


Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS
Miembro


Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON
Miembro


MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS
Miembro - Asesor


Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 19-2026-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil; en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSH-D, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : Omar Jhoni CASTILLO MENESES
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : Influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto: hacia una alternativa sostenible en Ayacucho
Evaluación de la Originalidad : 10 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2997954197

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 14 de julio del 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IBCANAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Con depósito para Trámites
Cc. Archivo.

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
Av. Independencia S/N Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151

Influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto: hacia una alternativa sostenible en Ayacucho

por OMAR JHONI CASTILLO MENESES

Influencia de la incorporación de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto: hacia una alternativa sostenible en Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

2

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

3

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

4

repositorio.upse.edu.ec

Fuente de Internet

5

96abf9fb-a2b4-4f23-8e8b-68d6bbf54168.usrfiles.com

Fuente de Internet

6

hdl.handle.net

Fuente de Internet

7

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

8

dspace.uazuay.edu.ec

Fuente de Internet

9

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025

Trabajo del estudiante

10

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

11

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

12

alconpat.org

Fuente de Internet

13

Landeros Barrera, Juan Carlos. "Influencia de la Adición de la Cal Viva en Concretos Elaborados con Agregados Reciclados de Concreto", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

Publicación

14

Submitted to Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo del estudiante

15 Submitted to Higher Education Commission Pakistan
Trabajo del estudiante

16 kupdf.net
Fuente de Internet

17 alicia.concytec.gob.pe
Fuente de Internet

18 repositorio.upt.edu.pe
Fuente de Internet

19 Submitted to Universidad Católica San Pablo
Trabajo del estudiante

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias

< 30 words