



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

CATUTO FLORES KERLLY BELEN
VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN

TUTOR:

ING. RAÚL VILLAO VERA MSc

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025-1

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA**

TEMA:

**“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM²
APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

**KERLLY BELEN CATUTO FLORES
GABRIELA ARLHIN VERA DEL PEZO**

TUTOR:

ING. RAÚL VILLAO VERA MS.C

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025-1

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**ING. LUCRECIA C. MORENO
ALCIVAR, PhD.**
DIRECTORA DE CARRERA DE
INGENIERIA CIVIL



ING. RAÚL ANDRÉS VILLOA VERA,
MSc.
DOCENTE TUTOR



ING. ALEJANDRO VELIZ AGUAYO,
PhD.
DOCENTE ESPECIALISTA



ING. RICHARD I. RAMIREZ PALMA,
Mg.
DOCENTE DE UIC

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por ser mi guía y fortaleza en cada momento; a mis padres Jacinto y Vilma, por su amor incondicional, sus enseñanzas y apoyo constante, quienes han sido mis consejeros; a Ariel, por brindarme su amor, apoyo incondicional y ánimo en cada momento; a mi compañera de tesis, Gabriela, por su compromiso, paciencia y dedicación incansable a lo largo de este proceso. También va dirigido a los buenos amigos y compañeros que conocí durante esta universitaria, por sus palabras de aliento, su ayuda desinteresada y por compartir momentos que quedarán siempre en mi memoria. Cada uno a su manera, fue parte esencial de este logro, y a todos les guardo un profundo cariño y gratitud.

Kerlly B. Catuto Flores.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi cariño a Dios por brindarme salud, fortaleza y perseverancia necesaria para culminar esta etapa importante de mi vida académica.

Con todo mi corazón dedico este trabajo a las personas más importantes, mis padres Grely y Jorge, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, amor y perseverancia. A Mis hermanos, por ser mi respaldo en todo momento. Mi compañero de aventuras Anthony L., por su paciencia, confianza y motivación a seguir adelante.

A mi compañera de tesis kerlly, por su compañía, comprensión y perseverancia. Finalmente, le dedico a aquellas personas, amigos y familiares que me ayudaron en este proceso tan importante de mi vida.

Gabriela A. Vera Del Pezo

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor de trabajo de investigación para titulación del tema **“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM2 APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1”** elaborados por los estudiantes Catuto Flores Kerly Belen y Vera Del Pezo Gabriela Arlhin, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 2% de la valoración permitida.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Villao Vera Msc.

C.I.: 0924204290

Plagio Tesis Corregido x2

2% Textos sospechosos

0% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

< 1% Idiomas no reconocidos

1% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Plagio Tesis Corregido x2.docx
ID del documento: a19a93eae73b5814b1fa2ee069c49fc0f75ad56
Tamaño del documento original: 73,51 kB

Depositante: RAUL ANDRES VILLOA VERA
Fecha de depósito: 9/6/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 9/6/2025

Número de palabras: 8031
Número de caracteres: 51.069

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Plagio Tesis Gabriela y Kerly.docx Plagio Tesis Gabriela y Kerly #03ce04 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 2 fuentes similares	58%		Palabras idénticas: 58% (4595 palabras)
2	TESIS 2025-1 cap 1 y 2.docx TESIS 2025-1 cap 1 y 2.docx #05dced El documento proviene de mi grupo 1 fuente similar	16%		Palabras idénticas: 16% (1228 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	elsabemoocupalugar.net La importancia de la investigación experimental en el... https://elsabemoocupalugar.net/investigacion-experimental/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
2	hermanosdearmas.es Qué métodos se utilizan en las ciencias sociales para el c... https://hermanosdearmas.es/2024/09/26/que-metodos-se-utilizan-en-las-ciencias-sociales-pa...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
3	Documento de otro usuario #443e43 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	dspace.ups.edu.ec https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30311/1/UPS-GT006304.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
5	repositorio.urp.edu.pe Concreto ligero con caucho reciclado para mejorar las p... https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/8472	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **CATUTO FLORES KERLLY BELEN** y **VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM2 APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1.**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y la normativa institucional vigente.

Atentamente,



KERLLY BELEN CATUTO FLORES

Autor de Tesis
C.I.: 2450177296



GABRIELA ARLHIN VERA DEL PEZO

Autor de Tesis
C.I.: 2450005133

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Raúl Villao Vera, Msc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1.”** previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por las Srtas. Kerlly Belen Catuto Flores y Gabriela Arlhin Vera Del Pezo, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Villao Vera MSc.

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

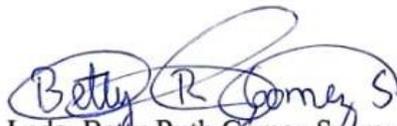
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1.”** de las estudiantes: **CATUTO FLORES KERLLY BELEN** y **VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a las interesadas hacer uso del presente como estimen conveniente.

Santa Elena, 09 de Junio del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENEYCOT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme dado salud, fortaleza y sabiduría para avanzar en cada etapa de este proceso académico.

A la universidad y a todos los docentes que formaron parte de mi formación profesional, gracias por compartir sus conocimientos, por su exigencia y por sembrar en mí la pasión por esta carrera.

Un reconocimiento especial al docente asesor de tesis, por su valiosa guía, apoyo y compromiso durante el desarrollo de este proyecto.

A mi compañera de tesis, Gabriela, gracias por tu responsabilidad, entrega y compañerismo durante todo este proceso.

De manera especial, agradezco a mis padres, Jacinto y Vilma, por su constante apoyo y motivación, y a Ariel, por su compañía incondicional y palabras de aliento en los momentos más exigentes.

A todas las personas que, de una u otra forma, aportaron con su tiempo, experiencia o ánimo, gracias por ser parte de este logro.

Kerlly Catuto Flores.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de esta tesis.

Agradezco profundamente al Ing. Raúl Villao, mi tutor, por su guía profesional, su compromiso y su valioso apoyo durante todo este proceso. Sus conocimientos y orientación fueron fundamentales para concretar este proyecto.

A mis padres, por creer siempre en mí, quienes me dieron su apoyo constante con su amor incondicional y que han sido el motor para seguir adelante.

A mis compañeros de carrera, quienes aportaron con su colaboración, ideas y motivación a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A mi compañera de tesis Kerlly, por compartir alegrías, esperanza, apoyo, paciencia y dedicación a este proyecto me supo acompañar en los obstáculos que se me presentaban a lo largo de este periodo académico.

Con cariño agradezco este logro a Anthony L., por estar a mi lado en los momentos más difíciles, brindándome palabras de aliento, recordándome siempre el valor de mis esfuerzos y motivándome a nunca rendirme.

Y a todas las personas cercanas a mí, gracias por acompañarme con amor y firmeza en este camino.

Gabriela Vera Del Pezo.

CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
CONTENIDO.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	20
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.2 ANTECEDENTES	22
1.3 HIPÓTESIS.....	23
1.3.1 <i>Hipótesis General</i>	23
1.3.2 <i>Hipótesis Específicas</i>	24
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	24
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	24
1.5 ALCANCE.....	25
1.6 VARIABLES.....	25
1.6.1 <i>Variables Dependientes:</i>	25
1.6.2 <i>Variables Independientes:</i>	25
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. CONCRETO	26
2.1.1. <i>Definición e historia del concreto</i>	26

2.1.2. <i>Propiedades del concreto</i>	27
2.1.3. <i>Tipos de concreto</i>	27
2.2. MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	29
2.2.1. <i>Cemento</i>	29
2.2.2. <i>Agregados</i>	29
2.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	30
2.3.1. <i>Definición y fundamentos</i>	30
2.3.2. <i>Factores que influyen en la resistencia</i>	31
2.3.3. <i>Ensayos de compresión según normas técnicas</i>	31
2.4. MÉTODO DE DOSIFICACIÓN ACI 211.1	31
2.4.1. <i>Generalidades del método</i>	31
2.4.2. <i>Pasos para el diseño de mezcla</i>	31
2.4.3. <i>Aplicación práctica en la investigación</i>	32
2.5. CENIZAS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIÓN EN EL CONCRETO	32
2.5.1. <i>Definición y tipos de residuos agroindustriales</i>	32
2.5.2. <i>Ventajas de su uso en construcción sostenible</i>	32
2.5.3. <i>Ceniza de cáscara de papa</i>	32
2.5.4. <i>Ceniza de cáscara de huevo</i>	33
2.6. INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO	34
2.6.1. <i>Cambios en propiedades físicas y mecánicas</i>	34
2.6.2. <i>Reacción puzolánica</i>	34
2.6.3. <i>Estudios previos relacionados</i>	34
2.7. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE	35
2.7.1. <i>Código ACI 211.1 – Método Estándar para la Proporción de Mezclas de Concreto</i> . 35	
2.7.2. <i>Principios generales del ACI 211.1</i>	35
2.7.3. <i>Pasos del método ACI 211.1 (Resumen gráfico)</i>	36
2.7.4. <i>Ventajas del método ACI 211.1</i>	36
CAPITULO III: METODOLOGÍA	37
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.1. <i>Enfoque metodológico</i>	38
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	39

3.2.1. Experimentos con un solo factor.....	39
3.2.2. El análisis de varianza (ANOVA)	39
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	40
3.3.1. Población	40
3.3.2. Muestra	40
3.3.3. Muestreo.....	42
3.4. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	42
3.4.1. Composición química de las cenizas agroindustriales en el concreto	43
3.5 METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO I: CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS	44
3.5.1. Ensayos y normas aplicados para los materiales.....	44
3.6. METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO II: DISEÑO DE LA MEZCLA PATRÓN Y CON ADICIONES.....	50
3.6.1. Diseño	50
3.6.2 Revenimiento.....	51
3.6.3. Tamaño máximo del agregado grueso	51
3.6.4 Cálculo del Agua de mezclado.....	51
3.6.5 Ajuste de variante de agua.....	52
3.6.6. Relación Agua – Cemento (a/c)	52
3.6.7. Cálculo del contenido de cemento GU	53
3.6.8. Determinación del peso del agregado grueso	53
3.6.9. Cálculo del volumen del agregado fino	54
3.6.10. Corrección por humedad de materiales para elaborar hormigón	54
3.6.11. Diseño de mezcla patrón + CCH O CCP	55
3.7 METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO III: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS EN LA RESITENCIA A LA COMPRESIÓN.	61
3.7.1. Hormigón convencional.....	61
3.7.2. Hormigón convencional +CCH.....	62
3.7.3. Hormigón convencional +CCP	62

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
4.1. RESULTADOS DEL OBJETIVO I. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.....	63
4.2. RESULTADOS OBJETIVO II: DISEÑO DE UNA MEZCLA PATRÓN Y DISEÑO DE MEZCLA CON REEMPLAZO PARCIAL DE CEMENTO POR CCH O CCP.	66
4.2.1. <i>Diseño de la mezcla patrón.....</i>	<i>66</i>
4.3. RESULTADOS OBJETIVO III: INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN	67
4.3.1. <i>Densidades promedio de probetas de hormigón endurecido.....</i>	<i>67</i>
4.3.2. <i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión.....</i>	<i>68</i>
4.3.3. <i>Resultado de rotura de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 1% CCH y 1%CCP.....</i>	<i>69</i>
4.3.4. <i>Resultado de rotura de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 3% CCH y 3%CCP.....</i>	<i>71</i>
4.3.5. <i>Resultado de rotura de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 5% CCH y 5%CCP.....</i>	<i>73</i>
4.3.6. <i>Copilado comparativo de resistencias a compresión de probetas de hormigón elaboradas.....</i>	<i>75</i>
4.3.7. <i>Análisis de varianza.....</i>	<i>76</i>
4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1. CONCLUSIONES	89
5.2. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

Gráfica 1 Curva Granulométrica del agregado grueso	64
Gráfica 2 Curva Granulométrica del agregado fino.....	65
Gráfica 3 Curva de resistencia promedio de la muestra patrón.	68
Gráfica 4 Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-1%CCH y 220-GU-1%CCP.....	70
Gráfica 5 Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-3%CCH y 220-GU-3%CCP.....	72
Gráfica 6 Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-5%CCH y 220-GU-5%CCP.....	74
Gráfica 7 Resistencias alcanzadas de las probetas de hormigón $F'c$ 220.....	75
Gráfica 8 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$ con 1% de CCH.	77
Gráfica 9 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 1% de CCH.	78
Gráfica 10 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 3% de CCH.	79
Gráfica 11 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 5% de CCH.	80
Gráfica 12 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 1% de CCP.	81
Gráfica 13 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 3% de CCP.	82
Gráfica 14 Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 5% de CCP.	83
Gráfica 15 Diagrama de dispersión de la resistencia a la compresión vs el peso porcentual de la ceniza de cáscara de huevo.	84
Gráfica 16 Diagrama de dispersión de la resistencia a la compresión vs el peso porcentual de la ceniza de cáscara de papa	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Proporciones usuales de materiales en concretos de diferente resistencia.....	26
Tabla 2	Composición nutricional del polvo de Cáscara de huevo	33
Tabla 3	Pasos del método ACI 211.1	36
Tabla 4	Definición y operacionalización de las variables	38
Tabla 5	Muestras del Ensayo resistencia a la compresión	41
Tabla 6	Composición química de las cenizas agroindustriales	44
Tabla 7	Tipos de estructuras y su respectivo revenimiento.....	51
Tabla 8	Cantidad de agua de mezclado para distintos revenimientos	52
Tabla 9	Agua/cemento para diferentes mezclas de hormigón.....	53
Tabla 10	Volumen de agregado grueso (m^3) por volumen unitario de concreto.....	54
Tabla 11	Granulometría del agregado grueso Norma (NTE-INEN-696-2009-ASTM C136-06)	63
Tabla 12	Granulometría del agregado fino Norma (NTE-INEN-696-2009 – ASTM C136-06)..	64
Tabla 13	Datos obtenidos a partir de los ensayos previos al diseño de la mezcla	65
Tabla 14	Proporciones para $1m^3$ de hormigón	66
Tabla 15	Proporciones de materiales en kg para fundir probetas de hormigón	67
Tabla 16	Densidades de los tipos de hormigones en estado endurecido.....	67
Tabla 17	Resistencias promedias de la muestra patrón de hormigón.....	68
Tabla 18	Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-1%CCH y 220-GU-1%CCP.....	69
Tabla 19	Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-1%CCH y 220-GU-1%CCP.....	71
Tabla 20	Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-5%CCH y 220-GU-5%CCP.....	73
Tabla 21	Resistencias alcanzadas de las probetas de hormigón.....	75
Tabla 22	Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.	76
Tabla 23	Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 1% de CCH.	77
Tabla 24	Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 3% de CCH.	78

Tabla 25 Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 5% de CCH.	79
Tabla 26 Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 1% de CCP.	80
Tabla 27 Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 3% de CCP.	81
Tabla 28 Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 5% de CCP.	82

“INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1”

Autores: Catuto Flores Kerlly

Vera Del Pezo Gabriela

Tutor: Ing. Villao Vera Raúl, MSc.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de papa o de huevo en las propiedades mecánicas del concreto. El estudio adopta un enfoque cuantitativo de carácter experimental y aplicación práctica, comparando un grupo de control (sin sustituciones) con un grupo experimental formado por cilindros de hormigón con reemplazos del 1%, 3% y 5% de ceniza de cáscara de huevo o de papa, calcinada a 500°C durante dos horas. Se elaboraron y ensayaron las probetas conforme al código ACI 211.1 para medir su resistencia a la compresión a 7, 14, 21 y 28 días, se aplicó análisis estadístico para determinar los resultados. Los resultados evidenciaron que las mezclas con ceniza de cáscara de huevo alcanzaron una resistencia mayor que la inicial, mientras que las que contenían ceniza de cáscara de papa presentaron una disminución en la resistencia.

PALABRAS CLAVE: Ceniza, Cemento, Concreto, Resistencia.

“INFLUENCE OF AGRO-INDUSTRIAL ASHES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH A COMPRESSIVE STRENGTH OF 220 220 KG/CM2 APPLYING THE ACI 211.1 CODE”

Autores: Catuto Flores Kerlly

Vera Del Pezo Gabriela

Tutor: Ing. Villao Vera Raúl, MSc.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence of the partial replacement of cement with egg shell ash or potato peel ash on the mechanical properties of concrete. The study adopts a quantitative approach of an experimental and practical nature, comparing a control group (without substitutions) with an experimental group composed of concrete cylinders with 1%, 3%, and 5% replacements of egg shell ash or potato peel ash, calcined at 500°C for two hours. The test specimens were prepared and evaluated according to ACI 211.1 to measure their compressive strength at 7, 14, 21, and 28 days. Statistical analysis was applied to decide the results. The results showed that mixtures with egg shell ash achieved higher strength than the first values, while those containing potato peel ash exhibited a decrease in strength.

KEYWORDS: Ash, Cement, Concrete, Strength.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales de obra que más se ha usado a lo largo de la construcción a nivel mundial, su versatilidad permite emplearlo en diversas estructuras civiles en la adaptación a múltiples requerimientos técnicos. Es factible en la producción y compatibilidad con otros materiales convirtiéndose en un elemento fundamental en la ingeniería y arquitecturas modernas (BECOSAN, 2021).

La producción del hormigón se enfoca a reducir su impacto ambiental sin comprometer la calidad ni la durabilidad del material dado su alto nivel de consumo global y su significativa contribución a las emisiones de CO₂ que al avanzar hacia una producción más sostenible resalta la importancia de un cambio cultural en el sector, orientado a fomentar la innovación y la responsabilidad ambiental como pilares del desarrollo constructivo (Moraga D, 2023).

La incorporación de residuos agroindustriales que al ser desechos adecuadamente tratados pueden convertirse en nuevas materias primas con potencial para generar productos que actúen como sustitutos parciales del cemento (Castillo, 2021). A partir de los estudios que busca comprender sus características sobre algunos usos de los residuos agrícolas, ofrecen diversas ventajas como la resistencia, durabilidad y reducción de costos concretando un beneficio ambiental al reducir las emisiones de Dióxido de Carbono causado por el uso de cemento en la construcción (Blesson & Rao, 2023).

La presente investigación se basa en la incorporación de cenizas de residuos agrícolas de la cascara de huevo y la cascara de papa como un sustituto parcial con porcentajes del 1%, 3% y 5% en relación con el cemento, esto permite analizar las propiedades mecánicas a compresión del hormigón con dosificación de 220 kg/cm².

El diseño de mezclas de hormigón se determina conforme al código ACI 211.1 que constituye como una guía esencial para los métodos que determinan las proporciones

adecuadas de cemento, agua y agregados, con el propósito de alcanzar una determinada resistencia a la compresión. El cual, dicha resistencia resulta ser efectuada mediante pruebas de cilindros regidas al código con el fin de asegurar que el hormigón satisfaga los criterios estructurales establecidos (Cordero, 2022).

Para el logro de una aplicación rigurosa del enfoque experimental y una interpretación precisa de los resultados, Creswell & Creswell (2021) señalan que el diseño experimental implica la manipulación controlada de variables independientes con el fin de analizar su efecto sobre una variable dependiente. En los ensayos de resistencia a la compresión, este método se traduce en la modificación sistemática de factores como la proporción agua-cemento, el tipo de agregado o el uso de aditivos (residuos agroindustriales), mientras se mantienen constantes las demás condiciones de la mezcla. Tras la ejecución de pruebas correspondientes, los resultados se representan mediante gráficos técnicos que permiten observar el comportamiento del concreto ante variaciones específicas, lo cual facilita la validación cuantitativa del efecto de cada variable sobre la resistencia del material (Cemex, 2019).

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La industria de la construcción enfrenta múltiples desafíos en el contexto actual, siendo uno de los principales la necesidad de hacer más sostenibles sus procesos productivos. El concreto, un material esencial en la construcción moderna requiere grandes cantidades de cemento, cuya fabricación es una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ a nivel mundial. En este contexto, surge la necesidad de buscar soluciones que permitan reducir la huella ambiental del concreto, sin comprometer su rendimiento estructural.

Aquellos residuos son originarios del sector agrícola que brinda fomentar las practicas sostenibles y sus características.

Los residuos que provienen del sector agrícola, alimentario o comercial como las cascaras de huevo y las cascaras de papa, son obtenidas conforme al sector en

volúmenes considerables y, con frecuencia, no son consideradas para la aplicación industrial. Por tanto, al tener un manejo inadecuado suele resultar en impactos negativos al medio ambiente contribuyendo a la contaminación ambiental (Morales Escobar & Arrieta Almario, 2023).

Sin embargo, se busca responder a esta interrogante “¿Qué impacto tiene la incorporación de cenizas derivadas a la cascara de papa o de huevo en las propiedades estructurales de un hormigón diseñado a una resistencia a la compresión de 220 kgf/cm²? El objetivo fundamental de este estudio aborda a través de ensayos experimentales que permiten establecer la inclusión de estos residuos, ya sea que contribuyan a mejorar y/o mantener las características del hormigón en relación con una mezcla convencional sin aditivos.

La presente investigación, se centra en la disponibilidad de estudios científicos que abarcan sobre el comportamiento de las cenizas provenientes de cascara de papa o huevo en la mezcla del hormigón. Existen antecedentes que muestran resultados de otros tipos de ceniza de origen orgánico, sin embargo, este tipo de cenizas no han sido evaluados, lo que el análisis limita su aplicación en el sector de la construcción.

1.2 ANTECEDENTES

A lo largo de los años, la industria de la construcción ha tenido un papel protagónico en el desarrollo de las ciudades, pero también ha generado un alto impacto ambiental, especialmente por el uso intensivo del cemento. La producción de este material representa una fuente importante de emisiones de CO₂, lo que ha motivado a investigadores de todo el mundo a buscar soluciones más sostenibles que permitan reducir esta huella sin afectar la calidad estructural del concreto (He, 2020).

Ante este panorama, distintas investigaciones exploran la opción de usar desechos de la agroindustria como un sustituto parcial del cemento. En lugares como India, Perú y México, se han logrado resultados positivos usando cenizas de cáscara de arroz, residuos de caña de azúcar y otros derivados de la agricultura. Estos elementos,

tras ser calcinados y molidos de manera correcta, muestran cualidades puzolánicas que les facilitan reaccionar químicamente en la mezcla, contribuyendo a la fuerza y vida útil del hormigón (Ganesan, 2008).

Más recientemente, algunas investigaciones han puesto la mirada en residuos menos explorados como la cáscara de papa y la cáscara de huevo. Estos subproductos alimenticios, que suelen desecharse sin ningún aprovechamiento, tienen un alto contenido de carbonato de calcio y otros compuestos minerales que, tras un tratamiento térmico, pueden comportarse de forma similar a las adiciones minerales usadas tradicionalmente. Aunque los resultados preliminares son prometedores, todavía existe poca información sobre cómo influyen específicamente estos residuos en la resistencia a la compresión del concreto cuando se siguen procedimientos de dosificación estandarizados, como los establecidos por el código ACI 211.1. (Castillo Piscoya, 2021).

Por ello, esta investigación busca aportar datos concretos sobre el comportamiento del concreto al incorporar ceniza de cáscara de papa y huevo en distintas proporciones, y así valorar si estas alternativas pueden integrarse en el diseño de mezclas más sostenibles sin comprometer su desempeño mecánico. El propósito es no solo llenar un vacío de información, sino también promover prácticas constructivas más responsables con el ambiente.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General

La influencia de las cenizas agroindustriales de cáscara de huevo o papa incrementará la resistencia a la compresión del hormigón en comparación a un hormigón convencional 220 kg/cm^2 , de acuerdo con el diseño de mezclas según el código ACI 211.1.

1.3.2 Hipótesis Específicas

HE.1 La caracterización de los agregados gruesos y finos permitirá verificar calidad del hormigón conforme a los requisitos del código vigente en las normas NTE INEN 696 y ASTM C136.

HE.2. El diseño de la mezcla de hormigón patrón con adición parcial de cenizas agroindustriales alcanzará una resistencia a la compresión de 220 kg/cm² conforme al ACI 211.1.

HE.3. El análisis de la incorporación de cenizas agroindustriales en el hormigón mejorara su resistencia a la compresión.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la influencia de las cenizas agroindustriales en las propiedades mecánicas de concreto con resistencia a la compresión de 220 kg/cm² aplicando el código ACI 211.1.

1.4.2 Objetivos Específicos

O.E.1. Caracterizar los agregados gruesos y finos a utilizar en el diseño de mezclas, según el código vigente, para garantizar la calidad del hormigón.

O.E.2. Diseñar la mezcla de hormigón patrón con una resistencia a la compresión de 220 kg/cm² utilizando el código ACI 211.1, incorporando cenizas agroindustriales de cáscara de papa y huevo como aditivos parciales.

O.E.3. Analizar la influencia de las cenizas agroindustriales en las propiedades mecánicas del hormigón con énfasis en su resistencia a la compresión.

1.5 ALCANCE

La presente investigación se centrará en el análisis experimental de la resistencia a la compresión del concreto con una dosificación de $220\text{kg}/\text{cm}^2$, mediante la incorporación de cenizas de cáscara de papa y huevo en proporciones del 1%, 3% y 5%. El estudio se realizará en laboratorio bajo condiciones controladas, elaborando mezclas con remplazo parcial de cemento y evaluando su comportamiento mecánico mediante normas técnicas. El alcance del proyecto se limita a ensayos de resistencia a corto plazo, sin incluir validaciones físico- químicas de las cenizas ni estudios de durabilidad, comportamiento a largo plazo a análisis económico. Los resultados serán una base para futuras investigaciones orientadas a la sostenibilidad en la construcción.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependientes:

Resistencia a la compresión del concreto diseñado con una $f'c = 220\text{kg}/\text{cm}^2$.

1.6.2 Variables Independientes:

Porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de papa y huevo (1%, 3% y 5%), aplicando el método de dosificación del concreto según código ACI 211.1.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCRETO

2.1.1. Definición e historia del concreto

El término *concreto* deriva del latín *concretus*, que significa "crecer unidos". Su denominación varía según la región: en países como España y algunos de Sudamérica se le conoce como *hormigón*, mientras que en gran parte de Europa se emplea el término *betong*. En los países de habla inglesa, se utiliza *concrete*, vocablo que ha sido castellanizado como *concreto* y adoptado comúnmente en países como Ecuador, otras naciones centroamericanas y Brasil (Wordpress, 2017).

Tabla 1

Proporciones usuales de materiales en concretos de diferente resistencia

	Baja resistencia	Resistencia moderada	Alta resistencia
	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
Cemento	255	356	510
Agua	178	178	178
Agregado fino	801	848	890
Agregado Grueso	1169	1032	872
	Proporción de la pasta cemento		
% por masa	18	22.1	28.1
% por volumen	26	29.3	34.3
	Relación agua/cemento		
Por masa	0.7	0.5	0.35
	Resistencia		
	184	306	612
Mpa	18	30	60

Fuente: Imcyc-Concreto: Estructura, propiedades y materiales.

2.1.2. Propiedades del concreto

2.1.2.1. Trabajabilidad

Capacidad del concreto fresco para ser mezclado, transportado, colocado y compactado con facilidad.

2.1.2.2. Durabilidad:

Resistencia del concreto endurecido a las condiciones ambientales y químicas a lo largo del tiempo.

2.1.2.3. Resistencia mecánica:

Capacidad del concreto para soportar cargas sin fallar, especialmente en compresión.

2.1.2.4. Tiempo de fraguado:

Periodo desde la mezcla hasta que el concreto comienza a endurecer.

2.1.3. Tipos de concreto

Según (Darío et al., 2024), el concreto puede clasificarse en diversos tipos de acuerdo con sus propiedades, composición y aplicaciones específicas dentro de la construcción.

2.1.3.1. Concreto convencional

Es el material de construcción más habitual en obras civiles. Contiene principalmente cemento, agua, arena y grava, y se usa en edificaciones que no necesitan características que vayan más allá de la solidez mecánica normal (Concrelab, 2023).

2.1.3.2. Concreto ciclópeo

Esta clase de hormigón se utiliza en bases, paredes de soporte y terraplenes, sobre todo en suelos poco compactados, donde la meta es la solidez y la magnitud, aunque no resiste grandes pesos estructurales. Se elabora combinando una mezcla tradicional con rocas de dimensiones considerables, usualmente entre los 15 y los 30 centímetros sin refuerzo de acero (Martínez, 2022).

2.1.3.3. Concreto aligerado

Al ser elaborado con agregados de baja densidad (piedra pómez o arcilla expandida) reduce o disminuye el peso total de la estructura notablemente. Se convierte en una opción apropiada para elementos prefabricados y losas en donde se busca la disminución de la carga muerta (NRMCA, 2020).

2.1.3.4. Concreto armado

Es un tipo de concreto que contiene refuerzo de acero en forma de varillas o malla, además, es usado en estructuras modernas por su resistencia a la tracción y flexión frente a diversas cargas (Grijalda, 2020).

2.1.3.5. Concreto premezclado

Elaboradas en fábricas especializadas en donde se mantienen estrictos controles de calidad. Esto asegura que la mezcla sea consistente, las cantidades exactas y el proceso constructivo más rápido. Después, se lleva directamente a la obra para su uso (Castro Izurieta & Párraga Pérez, 2024).

2.1.3.6. Concreto preesforzado

Hace uso antes o después del vaciado del concreto con filamentos metales tensados o metales que le permite a la estructura soportar mayores cargas. Es común observarlos en viaductos, elementos largos y/o estructuras prefabricadas que contengan gran escala (Meza Quintanilla, 2022).

2.2. MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

Según Moreno Cansado (2021), la calidad y el comportamiento estructural del concreto dependen de los materiales que lo componen. A continuación, se derivan brevemente:

2.2.1. Cemento

Particularmente, el que funciona como aglutinante hidráulico y que al combinarse con agua se genera una pasta endurecida gradualmente, es el cemento. Por tanto, el cemento y la cantidad que se usa son factores que afectan característicamente al hormigón tanto en su resistencia como en su estabilidad.

2.2.2. Agregados

2.2.2.1. Agua

Resulta fundamental para optimizar la hidratación del cemento y asegurar la trabajabilidad adecuada para el hormigón. La presencia de impurezas puede comprometer significativamente a la resistencia final del material, por ello, se debe tener una adecuada calidad del agua (Taylor, 2025).

2.2.2.2. Áridos (agregados)

Los agregados constituyen el mayor volumen dentro de la composición del hormigón dividiéndose en dos tipos: los finos, que comúnmente conocemos como arena, y los gruesos, como la grava o la piedra triturada. La robustez y la vida útil del hormigón dependen de las características de estos áridos, tales como su tamaño, forma y el nivel de limpieza que presenten (Pesce, 2025).

2.2.2.3. Aditivos

Son sustancias que se añaden en pequeñas cantidades para modificar ciertas propiedades del hormigón, como el tiempo de fraguado, la trabajabilidad o la resistencia.

2.2.2.4. Adiciones

Se incorporan materiales finamente pulverizados con el fin de mejorar las propiedades específicas del hormigón. Se las puede encontrar comúnmente en cenizas volantes y el humo de sílice que contribuyen en la optimización de la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del hormigón (Taylor, 2025).

2.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

2.3.1. Definición y fundamentos

De acuerdo con Pesca (2025), una de las características importantes en el concreto es la resistencia a la compresión, que corresponde a la habilidad del material endurecido para soportar cargas aplicadas axialmente sin fallar o fracturarse. Es conocida esta propiedad por medir a través de cilindros o cubos estándar que permite valorar tanto la calidad como el rendimiento del concreto.

2.3.2. Factores que influyen en la resistencia

- Relación agua/cemento
- Tipo y cantidad de cemento
- Calidad de los agregados
- Curado adecuado
- Uso de aditivos y adiciones

2.3.3. Ensayos de compresión según normas técnicas

En la realización de los ensayos de compresión es basado en procedimientos técnicos, como las especificaciones en la norma ASTM C39/C39M, lo que describe el método para determinar la resistencia a la compresión en cilindros de hormigón. En Ecuador estos ensayos se rigen por la normativa INEN vinculada a la normativa estadounidense ASTM.

2.4. MÉTODO DE DOSIFICACIÓN ACI 211.1

2.4.1. Generalidades del método

El código ACI 211.1 es una guía desarrollada por el American Concrete Institute para la dosificación de mezclas de concreto, considerando factores como la resistencia requerida, trabajabilidad, tamaño máximo del agregado y condiciones de exposición.

2.4.2. Pasos para el diseño de mezcla

- Selección de la resistencia a la compresión deseada.
- Determinación de la relación agua/cemento.
- Selección del contenido de aire.
- Elección del asentamiento (slump) deseado.
- Determinación del contenido de agua y aire.
- Determinación de las proporciones de agregados.
- Ajustes finales basados en ensayos de laboratorio.

2.4.3. Aplicación práctica en la investigación

En investigaciones recientes evalúan el impacto que provoca el uso de adiciones agroindustriales en las propiedades del hormigón y en el cual se busca un mejor desempeño. En estos estudios hacen uso del código ACI 211.1 para diseñar el hormigón.

2.5. CENIZAS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIÓN EN EL CONCRETO

2.5.1. Definición y tipos de residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales que pasen por un proceso de calcinación controlada pueden ser considerados como adiciones parciales en la producción del hormigón, entre las que podemos hacer el uso de la cáscara de arroz, bagazo de caña, cáscara de huevo, cáscara de papa, entre otros productos derivados de las actividades agrícolas e industriales (Darío, 2024).

2.5.2. Ventajas de su uso en construcción sostenible

- Reducción de residuos y aprovechamiento de subproductos.
- Disminución de la huella de carbono al reducir el uso de cemento.
- Mejora de ciertas propiedades del concreto, como la durabilidad y resistencia.

2.5.3. Ceniza de cáscara de papa

La cáscara de papa contiene un alto porcentaje de sílice y otros compuestos que ayudan a optimar la resistencia del hormigón cuando es utilizada como adición. Es sometida a un proceso de secado y calcinación a temperaturas controladas, lo que permite obtener una ceniza fina que cumpla los requerimientos establecidos para ser mezclada en el concreto.

De acuerdo con Mendoza Ccajma & Puma Fuentes (2022), su proceso de calcinación es crucial para transformar el residuo agroindustrial en un material puzolánico, capaz de mejorar las características físico-mecánicas del hormigón

2.5.4. Ceniza de cáscara de huevo

La cáscara de huevo contiene un alto contenido de carbonato de calcio que al ser incorporado en el hormigón puede contribuir a mejorar su resistencia la compresión (Cuizano Alvarón, 2023).

La calcinación de las cáscaras de huevo es una parte importante dentro del proceso de investigación, ya que estas cenizas deben ser funcionales para el hormigón, mejorando así sus propiedades y promoviendo un uso más eficiente de los recursos. Además, este proceso implica limpieza y secado antes de que se realice la respectiva calcinación a temperatura de 500°C.

Tabla 2

Composición nutricional del polvo de Cáscara de huevo

Composición nutricional del polvo de cascara de huevo por cada 100 g.	
Agua	0,5 g
Proteína	2,1 g
Ceniza	96,9 g
Calcio	38 mg
Potasio	41,6 mg
Sodio	87 mg
Fósforo	99,3 mg
Hierro	0,5 mg
Magnesio	375 mg

Fuente: Soto & Argumedo (2014)

2.6. INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO

2.6.1. Cambios en propiedades físicas y mecánicas

En estudios previos realizadas en investigaciones recientes han demostrado que el uso de cenizas provenientes de residuos agroindustriales puede mejorar la resistencia del hormigón. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados varían de acuerdo del tipo de ceniza y de los porcentajes que se incorporen en la mezcla. Esta práctica representa una nueva alternativa para dar uso a materiales de desecho (Bernal Izquierdo, 2025).

2.6.2. Reacción puzolánica

La incorporación de estas cenizas más allá de que aporten beneficios en resistencia al hormigón, también influyen en los procesos químicos dentro de la mezcla. La capacidad puzolánica de estas cenizas reacciona con el hidróxido de calcio que se libera cuando el cemento se hidrata lo que crea una reacción que forma nuevos compuestos que refuerzan al hormigón haciendo que este sea menos poroso y más compacto (Aizpurúa., 2018).

2.6.3. Estudios previos relacionados

En estudios previos realizadas en investigaciones recientes han demostrado que el uso de cenizas provenientes de residuos agroindustriales puede mejorar la resistencia del hormigón. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados varían de acuerdo del tipo de ceniza y de los porcentajes que se incorporen en la mezcla. Esta práctica representa una nueva alternativa para dar uso a materiales de desecho (Mendoza Ccajma & Puma Fuentes, 2022).

2.7. NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

2.7.1. Código ACI 211.1 – Método Estándar para la Proporción de Mezclas de Concreto

El código ACI 211.1 es una práctica estándar del Instituto Americano del Concreto el cual es utilizada a nivel internacional para el diseño de mezclas de hormigón, en el que establece un proceso sistemático en que le permite determinar las proporciones adecuadas de cada uno de los componentes del hormigón.

2.7.2. Principios generales del ACI 211.1

- El estudio de esta investigación toma como punto de partida la resistencia que se espera obtener a los 28 días, en el cual se consideran las características de los agregados.
- La relación agua/cemento que influyen directamente en la resistencia del hormigón.
- Indica las recomendaciones sobre el tamaño máximo del agregado, la trabajabilidad, el contenido de aire y las condiciones ambientales a las que se pueda exponer el material.

"The ACI 211.1 method is widely accepted as the standard practice in proportioning concrete mixes due to its adaptability to various construction needs and materials variability" (Neville & Brooks, *Concrete Technology*, 2010).

2.7.3. Pasos del método ACI 211.1 (Resumen gráfico)

Tabla 3

Pasos del método ACI 211.1

Paso	Descripción	Datos requeridos
1	Determinar la resistencia requerida (f _c)	Ensayos previos / proyecto
2	Seleccionar asentamiento deseado	Tipo de estructura
3	Elegir tamaño máximo del agregado	Condiciones de obra
4	Estimar contenido de aire	Exposición (congelación, sulfatos, etc.)
5	Determinar contenido de agua y cemento	Tablas del ACI
6	Calcular relación a/c	Según resistencia y durabilidad
7	Determinar cantidades de agregados	Por volumen absoluto
8	Ajustes por humedad y absorción	Ensayos de laboratorio

Nota: Tomado y adaptado de ACI 211.1.

2.7.4. Ventajas del método ACI 211.1

- Estandariza el proceso de dosificación, permitiendo la repetibilidad.
- Se adapta a condiciones locales mediante ajustes por humedad, tipo de cemento o agregados.
- Facilita el control de calidad y la validación experimental de mezclas en obra.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En ingeniería civil, los métodos de estudio investigativo son esenciales para la mejora continua de materiales, técnicas constructivas y soluciones estructurales. Según C. R. Hernández Sampieri et al. (2011), el objetivo del estudio puede utilizar varios métodos de investigación: la exploratoria, identifica los problemas poco estudiados; descriptiva, detalla características específicas de fenómenos; correlacional, examina relaciones entre variables; y la experimental, enfocada en la manipulación controlada de variables para establecer relaciones causa-efecto.

Esta investigación es de tipo experimental, se basa en la manipulación de variables de manera controlada con el fin de poder observar los efectos en las propiedades mecánicas del hormigón, el cual está diseñado para alcanzar una resistencia de 220 Kg/cm^2 .

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en los estudios experimentales “el investigador manipula intencionalmente uno o más variables dependientes, dentro de una situación de control para poder establecer relaciones causales”. En este caso, la variable independiente corresponde a los porcentajes de adición de cenizas, mientras que la variable dependiente es la resistencia a la compresión del hormigón.

De acuerdo con Clamon (2023), la investigación permite el desarrollar conocimientos aplicativos prácticos para la ingeniería civil, lo que logra facilitar la prueba de nuevas mezclas de materiales que podrían mejorar la resistencia del concreto. Además, contribuye a avanzar los métodos ecológicos al evaluar los desechos industriales como mejoras potenciales, lo que no solo fomenta la reutilización, sino que también disminuya la huella ecológica en la construcción.

Tabla 4*Definición y operacionalización de las variables*

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de medida / forma de medición
Resistencia a la compresión del hormigón	Dependiente	Capacidad del hormigón endurecido para resistir cargas de compresión sin fallar.	Fuerza máxima que resiste una probeta cilíndrica de hormigón a los 28 días de curado.	Kilogramos por centímetro cuadrado (kgf/cm ²). Ensayo según norma ASTM C39.
Porcentaje de ceniza de cáscara de papa y huevo	Independiente	Proporción de residuos agroindustriales incorporados como reemplazo parcial del cemento en la mezcla.	Porcentaje en peso de ceniza que reemplaza al cemento en la mezcla (1%, 3%, 5%).	Porcentaje (%) respecto al peso del cemento.

3.1.1. Enfoque metodológico

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de ensayos de laboratorio, específicamente sobre la resistencia a la compresión del hormigón (Monje Álvarez, 2011).

Se realiza este enfoque con el fin de medir de manera objetiva el comportamiento del hormigón al incorporar cenizas agroindustriales de cenizas de cáscara de huevo o ceniza de cáscara de papa como un sustituto parcial del cemento. Los resultados obtenidos serán analizados de manera estadística teniendo en cuenta las variables definidas en el estudio de la investigación.

El enfoque cuantitativo de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño experimental adoptado para esta investigación es de tipo cuantitativo, aplicado y experimental, ya que permite observar el efecto de las cenizas agroindustriales (cáscara de papa o cáscara de huevo sobre las propiedades mecánicas del hormigón, en condiciones controladas de laboratorio. “El diseño experimental implica la manipulación sobre una o más variables dependientes, en un ambiente controlado y con criterios de validez estadística” Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 151).

En este caso, la variable independiente es la adición de cenizas agroindustriales como sustituto parcial del cemento, y la variable dependiente es la resistencia a la compresión del hormigón, medida en kgf/cm^2 . El diseño sigue una estructura comparativa, en la que se analizarán los resultados obtenidos del hormigón (sin aditivos), y de las distintas dosificaciones con cenizas. “Los estudios experimentales se caracterizan por su alto grado de control y por establecer relaciones de causalidad entre variables mediante comparaciones entre grupos” Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 146). El diseño experimental se ajustará a las recomendaciones del código ACI 211.1. normativa que establece los procedimientos para el diseño de mezclas de hormigón por el método de peso unitario.

3.2.1. Experimentos con un solo factor

Fernández Bao (2020) señala que un experimento con un solo factor consiste en la verificación de diferencias significativas entre la media de dos muestras o grupos de muestras dentro del planteamiento. El método es usado para comparar valores basado en la varianza global de muestras que se busca comparar.

3.2.2. El análisis de varianza (ANOVA)

El análisis de a varianza, conocido como ANOVA por su abreviatura en inglés, es un método estadístico que se emplea para contrastar las medias de tres o más conjuntos y verificar si hay variaciones estadísticamente relevantes entre ellos.

En el caso de un diseño factor, ANOVA facilita la identificación de si los diversos niveles del factor influyen efectivamente en la variable de respuesta o si las discrepancias observadas son simplemente el resultado del azar (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2007, pág. 62).

3.2.3. Interpretación de resultados del ANOVA

Una vez realizado el análisis, se interpreta el valor de p que se obtiene después de realizar el análisis estadístico, el cual se refiere a la probabilidad de que las diferencias entre de los grupos sean producto del azar. Si este valor es menor que el nivel de significancia (denotado como α o alfa) de 0.05, se concluye que al menos una media es significativamente diferente, sin embargo, en el caso afirmativo, las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativa (Minitab, 2025).

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La población en esta investigación está conformada por todas las posibles mezclas de hormigón con una resistencia a la compresión de 220 kgf/cm^2 , elaboradas con materiales convencionales (Cemento de Uso General (UG), agregados finos y gruesos, agua) y aditivos alternativos (cenizas agroindustriales), que puedan fabricarse bajo condiciones controladas de laboratorio, aplicando el código ACI 211.1. “Una población está compuesta por todos los elementos que cumplen ciertas características y sobre los cuales se desea realizar inferencias” (Tamayo & Tamayo, 2005).

3.3.2. Muestra

Una muestra experimental se define como el conjunto de condiciones controladas bajo las cuales se manipulan variables independientes para observar su efecto en una o más variables dependientes Guevara Alban (2020). Es importante señalar que sea realizado un análisis comparativo de la resistencia a la compresión de los especímenes tipo cilindro elaborados, analizando su comportamiento mecánico a las

edades de 7, 14, 21 y 28 días de curado. En total, el proyecto contemplo la ejecución de 56 ensayos de compresión, distribuidos entre las distintas dosificaciones diseñadas, lo que permitió identificar la influencia progresiva de los aditivos en el desarrollo resistente del hormigón. A continuación, se detallan las pruebas mencionadas.

CCP: Ceniza de cáscara de papa
 CCH: Ceniza de cáscara de huevo
 P: Muestra Patrón

Tabla 5

Muestras del Ensayo resistencia a la compresión

Diseño de Hormigón	Periodo de curado			
	7 días	14 días	21 días	28 días
Patrón (PP)	2	2	2	2
Sustitución del 1% por CCH (PP-1%CCH)	2	2	2	2
Sustitución del 3% por CCH (PP-3%CCH)	2	2	2	2
Sustitución del 5% por CCH (PP-5%CCH)	2	2	2	2
Sustitución del 1% por CCP (PP-1%CCP)	2	2	2	2
Sustitución del 3% por CCP (PP-3%CCP)	2	2	2	2
Sustitución del 5% por CCP (PP-5%CCP)	2	2	2	2
Total, por edad de curado	14	14	14	14
Total, General de especímenes:				56

3.3.3. Muestreo

Según Tamayo & Tamayo (2005), el muestreo no probabilístico se emplea en investigaciones donde las unidades de análisis no son elegidas al azar, sino de acuerdo con criterios definidos por el investigador y las condiciones del entorno experimental.

La investigación tiene un muestreo no probabilístico, ya que los porcentajes son seleccionados por los investigadores intencionalmente, en el cual se consideran aspectos como la disponibilidad del material, tiempo, condiciones de laboratorio y el propósito del estudio. Este muestreo indica que no se debe realizar una inferencia estadística sobre una población, sino de estudiar a profundidad un fenómeno dentro de un entorno controlado.

3.4. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Para este proyecto la elaboración de las mezclas de hormigón estructural con reemplazo parcial de cemento por ceniza obtenida de la calcinación de residuos agroindustriales: cáscara de huevo (CCH) o cáscara de papa (CCP), en porcentajes de 1%, 3% y 5% en relación con el peso total del material cementante, sin comprometer las propiedades de resistencia a la compresión del hormigón.

Para esto se debe asegurar la calidad del hormigón realizando la caracterización previa de los agregados, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas conforme a las especificaciones de la norma NTE INEN 696 Y ASTM C136.

Los agregados utilizados en la mezcla fueron:

- Agregado grueso, material pétreo de origen sedimentario tipo “caliza”, de tamaño máximo nominal de 1”, proveniente de la “Cantera Huayco” Gye.
- Agregado fino, arena natural tipo “arenoso”, pasante de 3/8, proveniente de la “Cantera El Triunfo”.
- Cemento tipo GU, utilizado como base común para las mezclas.

- Ceniza de cáscara de huevo (CCH) y ceniza de cáscara de papa (CCP), obtenidas mediante secado, calcinación y molienda de residuos orgánicos previamente recolectados.

3.4.1. Composición química de las cenizas agroindustriales en el concreto

3.4.1.1 Cenizas de cáscara de huevo – CCH

Los efectos ocasionados de CCH en la mezcla de hormigón puede ocasionar negativamente a su hidratación, según Frías-Gutiérrez et al. (2022), la adherencia en el cemento reduce la resistencia mecánica si no es controlada. Con la transformación adecuada al óxido de calcio (CaO), la CCH puede actuar como material cementante o puzolánico leve sin afectar la consistencia y durabilidad del hormigón.

3.4.1.2 Cenizas de cáscara de papa – CCP

La falta de control en la calcinación puede ocasionar que las CCP lleguen a contener materia orgánica residual que puede afectar a la hidratación y a la resistencia del hormigón. Su composición química puede afectar la reactividad puzolánica y su durabilidad del hormigón, por tanto, al ser mal calcinadas si puede provocar la disminución de la resistencia del hormigón.

3.4.1.3 Comparación resumida de CCH y CCP

Tabla 6

Composición química de las cenizas agroindustriales

Aspecto	Ceniza de cáscara de huevo (CCH)	Ceniza de cáscara de papa (CCP)
Composición química principal	94-97% CaCO ₃ , tras calcinación CaO (~50%)	Óxidos de Si, Al, Ca, K (varía según calcinación)
Materia orgánica residual	3-4% (proteínas, glicoproteínas)	Variable, depende del control de calcinación
Impacto calcinación controlada	sin Reduce hidratación, resistencia y durabilidad	Reduce hidratación, resistencia y trabajabilidad
Función en mezcla de hormigón	Actúa como conglomerante calcinada	relleno o si bien Puede actuar como puzolana si bien calcinada

3.5 METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO I: CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

Las propiedades físicas evaluadas incluyen granulometría, absorción, gravedad específica, humedad y módulo de finura. Estas características permitieron ajustar adecuadamente las proporciones de agua cemento el diseño de hormigón.

3.5.1. Ensayos y normas aplicados para los materiales.

3.5.1.1. Finura de la CCH y CCP

Durante el proceso de selección de partículas de CCH y CCP se consideraron criterios basados en las normas NTE INEN 196:2009 y ASTM C204-05, como reemplazo parcial del cemento, en los cuales se establecen metodologías para determinar la finura del material mediante tamizado.

Los requisitos exigen que igual o mayor del 60% del material pase por la malla No. 200 en obtención con la compatibilidad con el cemento tipo GU en cumplimiento en la homogeneidad en la mezcla.

En el laboratorio de suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de la carrera de Ingeniería Civil se elabora en forma manual el tamizado de las muestras de CCH y CCP como resultado obtener un material volátil y de finura óptima. Las muestras pasantes de la malla No. 40 y No. 200 con fines investigativos se obtendrán en la aplicación de ensayos como material puzolánico orgánico en el diseño de hormigón en el código ACI 211.1.

3.5.1.2. Granulometría

La granulometría es usada para determinar el tamaño de sus partículas por medio de varios tamices, lo que se conoce por un proceso de tamizado permitiendo combinar adecuadamente partículas grandes y pequeñas, logrando una mezcla más compacta y uniforme entre los agregados.

3.5.1.2.1. Agregado fino

Por su parte, el agregado fino, procedente de la Cantera El Triunfo-Guayaquil y caracterizado como arena gruesa, fue analizado bajo las mismas normas (NTE-INEN 696-2009 y ASTM C136-05). La muestra fue tamizada en el mismo laboratorio, registrando los pesos de las partículas retenidas en los tamices correspondientes con un análisis que arrojó un módulo de finura de 2.53 con paso por el tamiz de 3/8".

3.5.1.2.2. Agregado grueso

En este estudio, el agregado grueso utilizado proviene de la cantera Huayco-Guayaquil, cuya composición es roca caliza. La evaluación de su granulometría se realizó siguiendo la normativa ecuatoriana NTE-INEN 696-2009 y la norma internacional ASTM C136-06 en el laboratorio de suelos, concreto y asfaltos de la

Facultad de Ingeniería de la carrera de Ingeniería Civil de la UPSE, se tomó una muestra que fue tamizada para determinar el peso retenido en cada tamiz, para esta investigación se empleó un agregado con tamaño nominal de $\frac{3}{4}$.

3.5.1.3. Contenido de humedad

El contenido de humedad de los agregados, tanto gruesos como finos, se determina siguiendo normas como la ecuatoriana NTE-INEN-862-2011 y la internacional ASTM C566-04, mediante un proceso de secado en horno ventilado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

Este método permite eliminar la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado obteniendo así el porcentaje de humedad evaporable siendo fundamental para ajustar con precisión la cantidad de agua en la mezcla de hormigón de modo que el agregado puede aportar o absorber agua dependiendo de su estado de humedad afectando directamente la trabajabilidad y resistencia del hormigón.

3.5.1.4. Densidad Óptima, Densidad Relativa en Estado Saturado (Gravedad Especifica SSS) y Absorción.

3.5.1.4.1. Densidad óptima

El ensayo de densidad óptima permite determinar el peso volumétrico o masa unitaria, y el porcentaje de vacíos dentro de los agregados que están en condición compactada o suelta. Toda esta información es importante para el diseño de mezcla ya que establece las proporciones adecuadas entre cemento, agregados y agua.

El procedimiento se realiza mediante las normas NTE INEN 858:2010 y ASTM C29, en donde se indica que el uso de moldes con las capacidades específicas según el tamaño máximo nominal del árido. Los agregados deber ser colocados en el molde dependiendo del método que se realice ya sea suelto o varillado, y luego se calcula el peso volumétrico y los vacíos mediante las respectivas formulas.

Este ensayo es primordial para poder elaborar la mezcla patrón, ya que con el podemos conocer el volumen real que ocupan estos agregados en la mezcla, y así obtener una dosificación de hormigón resistente, durable y con buena trabajabilidad.

3.5.1.4.2. Densidad Relativa en Estado Saturado.

El uso de las normas NNTTE INEN 857:2000 y ASTM C127-07 permiten determinar la densidad promedio, densidad relativa y absorción del agregado grueso. Este ensayo excluye las partículas menores a 4,75 mm como lo indica la norma NTE INEN 154.

Esta muestra se mete al horno a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, después se enfría y se lava para eliminar impurezas, luego se sumerge en agua durante 24 h. posteriormente se seca parcialmente con una toalla y eliminar el exceso de agua, se pesa en estado saturado y sumergido, y finalmente se ingresa la muestra al horno para ser secado.

Símbolos:

A = Peso en aire de la muestra seca al horno, g.

B = Peso en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g.

C = Peso en agua de la muestra saturada, g.

Cálculo:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH): Se obtiene del agregado grueso secado al horno.

$$SH = \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSS): Se obtiene del agregado grueso en condición saturada superficialmente seca.

$$SSS = \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente): Se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Den. rel. ap. (grav. esp. aparente)(SSA)} = \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Absorción: Se calcula el porcentaje de absorción de la siguiente manera.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Para determinar la densidad promedio, densidad relativa y absorción del agregado fino se realizan los respectivos ensayos que se rige a las normas estipuladas por la NTE INEN 856:2010 y ASTM C128-07. El ensayo empieza al dejar la muestra en el horno para que pueda ser secada a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$, luego se enfría y se sumerge en agua durante 24 h. Mediante el ensayo del cono se mide la humedad superficial, mientras que, la densidad puede ser determinada por dos métodos: el gravimétrico haciendo uso del picnómetro y el volumétrico usando un frasco de Le Chatelier.

Símbolos:

A = *Peso de la muestra seca al horno, g*

B = *Peso del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g*

C = *Peso aparente en agua de la muestra saturada, g*

R_1 = *lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm³*

R_2 = *lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier, cm³*

S = *Peso de muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica) , g*

S_1 = *Peso de la muestra saturada superficialmente seca (utilizada en el*

procedimiento volumétrico, para determinar la densidad y la densidad relativa (gravedad específica)), g.

Cálculos:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH): Se obtiene del agregado fino en secado al horno.

Procedimiento gravimétrico:

$$SH = \frac{A}{(B + S - C)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Procedimiento volumétrico:

$$SH = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975 (R_2 - R_1)} \quad \text{Ecuación 6}$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSS): Se obtiene del agregado fino en condición saturada superficialmente seca.

Procedimiento gravimétrico:

$$SSS = \frac{S}{B + S - C} \quad \text{Ecuación 7}$$

Procedimiento volumétrico:

$$SH = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975 (R_2 - R_1)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente): Se calcula de la siguiente manera.

Procedimiento gravimétrico:

$$SSA = \frac{A}{B + A - C} \quad \text{Ecuación 9}$$

Procedimiento volumétrico:

$$SSA = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975 (R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad \text{Ecuación 10}$$

Absorción: Se calcula el porcentaje de absorción de la siguiente manera.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(S - A)}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 11}$$

3.5.1.5. Revenimiento o slump.

La normativa ASTM C143-08 y NTE INEN 1 578:2010 permite determinar el asentamiento (revenimiento) del concreto hidráulico en medición de la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco mediante la deformación vertical que sufre la muestra de concreto al retirar el molde cónico específico.

Las pruebas del diseño de hormigón se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos, concreto y asfaltos, donde se toma una muestra de concreto en estado fresco para luego ser sometida al ensayo utilizando el equipo cono de Abrams.

3.6. METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO II: DISEÑO DE LA MEZCLA PATRÓN Y CON ADICIONES.

3.6.1. Diseño

El código ACI (INSTITUTO AMERICANO DEL HORMIGÓN) 211 establece un método sencillo para el diseño de mezclas, basada en tablas derivadas de diversos ensayos de los agregados, lo cual facilita obtener la dosificación adecuada del hormigón.

3.6.2 Revenimiento

La selección del revenimiento se basa en la tabla 6, la cual nos ayuda a evaluar la funcionalidad del diseño. En este caso, al tratarse de un hormigón para columnas se considera un rango de revenimiento mínimo de 2.5cm y máximo 10cm como factor determinante.

Tabla 7

Tipos de estructuras y su respectivo revenimiento

Consistencia para distintos tipos de construcciones			
Tipo de construcción	Asentamiento en el Cono de Abrams		
	Máximo	Mínimo	Recomendado
	Muros armados de cimentación y zapatas.	7,5	2,5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos.	7,5	2,5	5
Vigas y muros reforzados	10	2,5	6,25
Columnas para edificios	10	2,5	6,25
Pavimentos y losas	7,5	2,5	5
Concreto masivo	5	2,5	3,75

Nota: Tomada de la norma ACI 211.

3.6.3. Tamaño máximo del agregado grueso

El tamaño máximo del agregado grueso se determina mediante el ensayo de granulometría, estableciéndose como máximo un tamaño de 1” (25mm).

3.6.4 Cálculo del Agua de mezclado

Para determinar la cantidad de agua para la mezcla, se debe consultar la tabla 8.

Tabla 8*Cantidad de agua de mezclado para distintos revenimientos*

Revenimiento (cm)	Tamaño máximo del agregado grueso (mm)							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	205	193	178	160	—
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.0	0.8	0.3

Nota: tabla tomada del código ACI 211.

3.6.5 Ajuste de variante de agua

La cantidad de agua para la mezcla debe ajustarse aplicando el siguiente procedimiento:

$$Vol. de agua corregido = \left(\frac{W\%grueso + W\%fino}{100} + 1 \right) * Volumen de agua tabulado$$

Ecuación 12

3.6.6. Relación Agua – Cemento (a/c)

La relación agua/cemento constituye uno de los parámetros relevantes dentro de la tecnología del hormigón, ya que de ella depende directamente la resistencia y la durabilidad del material. Para determinar esta relación, es fundamental conocer primero la resistencia a compresión que se desea alcanzar en el diseño. Para esto se debe consultar la tabla 9.

Tabla 9*Agua/cemento para diferentes mezclas de hormigón*

Resistencia (Kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0,38	-----
400	0,42	-----
350	0,47	0,39
300	0,54	0,45
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Nota: Tomada del código ACI 211

3.6.7. Cálculo del contenido de cemento GU

Para determinar la cantidad de cemento requerida en el diseño de mezcla, se debe aplicar una operación matemática sencilla: dividir la cantidad de agua entre la relación agua/cemento. La fórmula utilizada es:

$$C = \frac{A}{A/C} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

C: Cantidad de cemento por metro cubico de hormigón.

A: Cantidad de agua obtenida en la tabla 8.

A/C: Relación agua-cemento tomada de la tabla 9.

3.6.8. Determinación del peso del agregado grueso

Para calcular el peso del agregado grueso, primero se selecciona el volumen del agregado grueso (V_{ag}) por unidad de volumen de hormigón, según el tamaño máximo del agregado y el módulo de finura de la arena, utilizando la tabla 10.

Este volumen se multiplica por el peso volumétrico varillado (P.V.V.)

Tabla 10*Volumen de agregado grueso (m³) por volumen unitario de concreto*

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.6	2.8	3
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	.85	0.83	0.86

Fuente: ACI 211.1-91

$$\text{Peso del agregado grueso} = V_{ag} * P.V.V. \quad \text{Ecuación 14}$$

3.6.9. Cálculo del volumen del agregado fino

Durante el proceso de diseño de la mezcla para la elaboración de un hormigón estructural, se calcula la cantidad de agregado fino (arena) mediante el método del volumen absoluto, que permite determinar el volumen de cada componen en un metro cubico de mezcla.

$$V_{arena} = 1m^3 - V_{cemento} - V_{agua} - V_{aire} - V_{agr. grueso} \quad \text{Ecuación 15}$$

3.6.10. Corrección por humedad de materiales para elaborar hormigón

Una vez determinadas las proporciones de los materiales para la preparación del hormigón, es necesario aplicar una corrección en función de las condiciones de

humedad y absorción de los agregados con el fin de obtener una dosificación precisa tanto del agregado fino y grueso como el contenido total del agua.

El diseño de la mezcla para el hormigón convencional, se considera el peso (W) de los agregados, la humedad (%H) y absorción (%A).

Aunque en teoría se trabaja con materiales en estado seco, en condiciones reales de obra es común que la arena y grava se encuentren en estado saturado superficialmente seco (SSS), lo que indica que conservan humedad adherida sin afectar la capacidad de absorción.

$$CH = W * \left(\frac{\%H - \%A}{100} \right) \quad \text{Ecuación 16}$$

3.6.11. Diseño de mezcla patrón + CCH O CCP

Se utilizó el método empírico propuesto por el American Concrete Institute (ACI) en su documento ACI 211.1, como base para el diseño de la mezcla patrón con resistencia a la compresión de 220 kg/cm².

A partir de esta dosificación inicial, se planteó el reemplazo parcial del cemento por cenizas agroindustriales obtenidas a partir de cáscara de huevo (CCH) y cáscara de papa (CCP) en proporciones de 1%, 3% y 5%, en peso con respecto al material cementante total.

La elaboración de las mezclas con adiciones mantuvo constante la proporción agua/cemento establecido inicialmente, modificando únicamente la cantidad de cemento en función del porcentaje de sustitución. Para calcular la cantidad de ceniza correspondiente, se aplicó la siguiente relación:

$$\text{Ceniza a reemplazar}(kg) = \text{Cemento total}(kg) * \% \text{de sustitución}$$

$$\text{Ecuación 17}$$

Las cenizas fueron preparadas mediante un proceso de calcinación a 500 °C durante 2 horas y luego molidas hasta lograr un tamaño de partícula fino, compatible con el material cementante.

- Recolección y elaboración de las cenizas (cáscara de huevo y cáscara de papa); trituración calcinación y almacenamiento.

Las cascaras utilizadas en esta investigación, fueron recolectadas de panaderías y en los lugares de ventas de comidas rápidas en los lugares aledaños a los domicilios de los investigadores.

3.6.11.1. Cáscara de papa

Para dar inicio al desarrollo de esta investigación estas cascaras de papas pasaron por un proceso de lavado para luego ser expuestas al sol, y después se extendieron sobre una superficie limpia asegurando así que se sequen de manera uniforme. Durante este proceso se movieron las cascaras cada día para que no se concentrara la humedad en un solo lugar, tal como se muestra en la ilustración 1.



Ilustración 1 Expansión de cáscaras de papa al sol

Estas cáscaras se dejaron expuestas al sol durante 20 días (il. 2), esto permitió que tuvieran un secado natural. Luego de este proceso se realizó la calcinación (il. 3).



Ilustración 2 Cáscaras de papas expuestas al sol durante 20 días



Ilustración 3 Calcinación de la cascara de papa a 500°C

Es importante considerar que, para este tipo de residuos orgánicos, existe una significativa reducción de masa: aproximadamente un 30% durante el secado al sol y un 70% adicional tras la calcinación. Por tal motivo, fue necesario recolectar al menos 20 kg de cáscara de papa en estado fresco, con el fin de obtener aproximadamente 4,2 kg de ceniza de cáscara de papa (CCP), cantidad requerida para el desarrollo de esta investigación.

3.6.11.2. Cáscara de Huevo

Se realizó la recolección de cáscaras de huevo, estas cáscaras pasaron por un proceso de limpieza, el cual consistió en eliminar la membrana interna de la cascara (il. 4), después estas cáscaras se lavaron con abundante agua para eliminar la materia orgánica. Estas cáscaras de huevo fueron expuestas al sol durante 20 días (il. 5).

La cáscara de huevo a diferencia de la cáscara de papa presentó una reducción de masa menor durante el proceso de secado representado en un 5%. Lo cual permitió obtener mayor cantidad de material para ser calcinado.



Ilustración 4 Limpieza de cáscara de Huevo



Ilustración 5 Cáscaras de huevo expuestas al sol

Luego de ser secadas en se realizó la trituration de las cascaras de papa en un molino. En esta investigación, se reunieron 10 kg de cáscara de huevo en estado fresco, los cuales, tras el proceso de secado y calcinación, proporcionaron una cantidad suficiente de ceniza (CCH) para su incorporación en el diseño experimental del hormigón.

Considerando las densidades obtenidas en el laboratorio de los agregados; grava y arena, se ajustó las cantidades por volumen absoluto y se aplicaron correcciones por humedad y absorción de los agregados, teniendo en cuenta su condición superficial saturada (SSS) para mantener una relación agua/cemento efectivo.

Elaborada la mezcla con todos los materiales previamente dosificados incluidas las sustituciones de cemento por CCH y CCP según el diseño experimental se procedió a realizar los ensayos en estado fresco, como parte del control inicial de calidad de la mezcla (il.6).



Ilustración 6 Prueba de revenimiento - Cono de Abrams

Después se llevó a cabo el llenado de los moldes el cual se dividió en tres capas, se realizaron 25 varilladas y 12 golpes para la vibración respectivamente en cada capa, así se aseguró una buena compactación y evitar la presencia de vacíos en el hormigón (il.7). Posteriormente los moldes fueron desmoldados después de 24 horas para luego ser almacenados en una piscina y sumergidos en agua, donde permanecieron durante sus respectivos periodos de curado (7, 14, 21 y 28 días), a fin de garantizar una adecuada hidratación del cemento y desarrollo de las propiedades mecánicas del material (il. 8).



Ilustración 7 Elaboración de los grupos testigos de hormigón



Ilustración 8 Curado de testigos de hormigón

Finalmente, para el registro, análisis y evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se elaborará un cuadro comparativo que resuma los datos más relevantes. Este instrumento permitirá una interpretación clara y ordenada de los resultados, considerando las propiedades mecánicas del hormigón evaluadas principalmente la resistencia a la compresión. De esta forma, se facilitará la comparación entre los diferentes grupos de especímenes (patrón y experimentales), identificando el comportamiento del hormigón frente a las sustituciones realizadas con ceniza de cáscara de huevo (CCH) y ceniza de cáscara de papa (CCP).

3.7 METODOLOGÍA OBJETIVO ESPECÍFICO III: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS CENIZAS EN LA RESITENCIA A LA COMPRESIÓN.

Se procederá a analizar el comportamiento mecánico del hormigón mediante la incorporación de cenizas agroindustriales como sustituto parcial del cemento en proporciones del 1%, 3% y 5%, tanto de ceniza de cáscara de huevo (CCH) como de ceniza de cáscara de papa (CCP). De las mezclas a partir del diseño patrón de 220 kg/cm², manteniendo constantes todos los materiales y condiciones, salvo el porcentaje de sustitución. La mezcla patrón fue dosificada con el código ACI 211.1.

Se elaboraron cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, conforme a la norma ASTM C192. Para cada dosificación (incluyendo el patrón), se prepararon al menos 6 cilindros por edad de curado, a fin de garantizar la validez de los resultados. Las probetas fueron curadas en agua a 23 ± 2 °C durante 7, 14, 21 y 28 días.

Una vez culminada la etapa de curado y conforme a la norma ASTM C39 se realizó el ensayo resistencia a la compresión simple. Los valores de los resultados fueron registrados en unidad de presión (kg/cm²), organizados mediante tablas y graficas para su respectivo análisis en función del porcentaje de sustitución, y el tipo de ceniza.

En esta investigación se realiza el análisis entre el: hormigón convencional, hormigón convencional con ceniza de cáscara de huevo (CCH) y hormigón convencional con ceniza de cáscara de papa (CCP).

3.7.1. Hormigón convencional

Este tipo de hormigón se elabora empleando los materiales gruesos y finos (piedra y arena respectivamente), agua y cemento de tipo GU como material cementante. No contiene adiciones ni modificaciones en su composición.

Su uso está generalizado debido a su comportamiento mecánico confiable y su proceso de elaboración estandarizado. Se considera como referencia para esta investigación y poder comparar el diseño de mezcla de hormigón al incorporarse materiales alternativos.

3.7.2. Hormigón convencional + CCH

En este hormigón se sustituye parcialmente el cemento por ceniza de cáscara de huevo (CCH) en proporciones variables de 1%, 3% y 5%, el cual se obtuvo por calcinación a 500 °C, la incorporación de esta ceniza busca mejorar la resistencia inicial y disminuir emisiones contaminantes.

3.7.3. Hormigón convencional + CCP

El hormigón con ceniza de cáscara de papa (CCP), sustituye al cemento en proporciones de 1%, 3% y 5% y que se obtuvo por calcinación al igual que el hormigón con CCH, con este reemplazo se busca disminuir el uso del cemento y observar cómo influye dentro de la resistencia a la compresión.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL OBJETIVO I. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

A través de este proceso de caracterización de resultados se determina que los agregados utilizados sean aptos para la fabricación de hormigón armado. Para ello se verifican sus propiedades físicas de acuerdo con las normas; en el cual se realizaron ensayo de granulometría, absorción y contenido de humedad tanto para la arena fino y grava ya que estos agregados influyen de manera directa en el diseño.

Tabla 11

Granulometría del agregado grueso Norma (NTE-INEN-696-2009-ASTM C136-06)

Granulometría Agregado Grueso					Especificación A.S.T.M	
Tamiz(in)	W Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	N° 56	
2"	0	0,00	0,00	100,00		
1 1/2"	0	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	0,000	0,00	0,00	100,00	90	100
3/4"	1.775,000	15,19	15,19	84,81	40	85
1/2"	7.071,000	60,53	75,72	24,28	10	40
3/8"	2.302,000	19,70	95,42	4,58	0	15
N°4	499,000	4,27	99,70	0,30	0	5
N°8	4,880	0,04	99,74	0,26		
N°16	2,020	0,02	99,76	0,24		
Fondo	28,620	0,24	100,00	0,00		
Total	11682,52	100,00		MF= 5.86	TMN= 1"	

Gráfica 1

Curva Granulométrica del agregado grueso

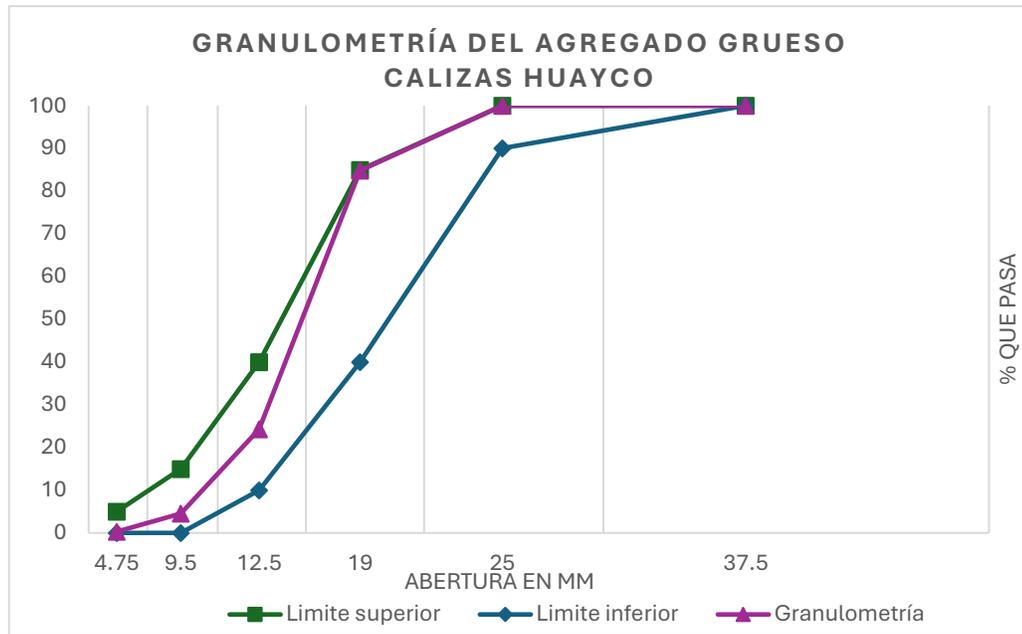


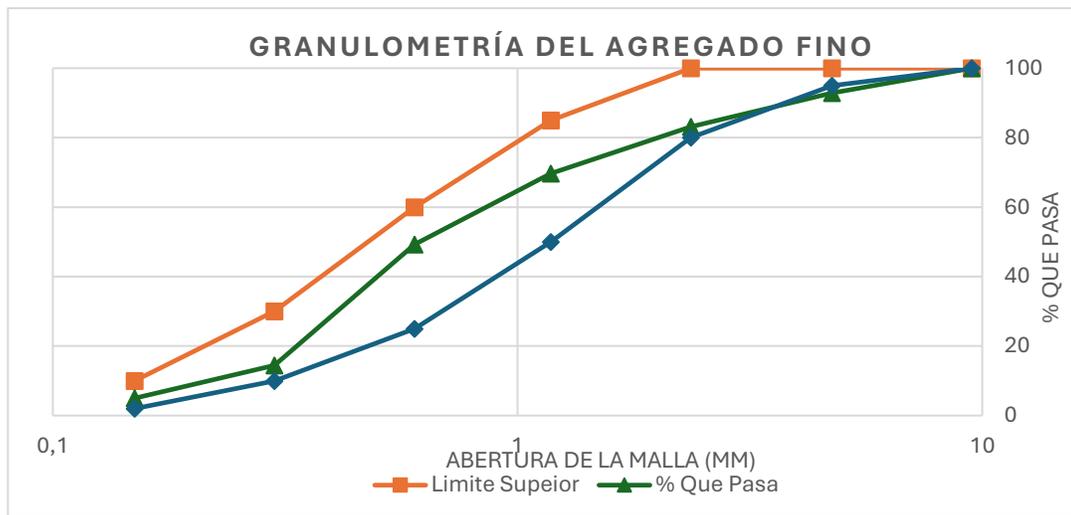
Tabla 12

Granulometría del agregado fino Norma (NTE-INEN-696-2009 – ASTM C136-06)

Tamiz	Abertura	W Parcial	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificación A.S.T.M	
3/8"	9,5	0	0,00	0,00	100,00	100	100
N°4	4,75	103,21	7,17	7,17	92,83	95	100
N°8	2,36	139,38	9,69	16,86	83,14	80	100
N°16	1,18	193,5	13,45	30,31	69,69	50	85
N°30	0,6	294,29	20,45	50,76	49,24	25	60
N°50	0,3	501	34,82	85,58	14,42	10	30
N°100	0,15	135,82	9,44	95,02	4,98	2	10
Fondo		71,67	4,98	100,00	0,00	0	0
Total		1438,870	100,00				

Gráfica 2

Curva Granulométrica del agregado fino



A partir de los ensayos de granulometría se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13

Datos obtenidos a partir de los ensayos previos al diseño de la mezcla

RESUMEN DE DATOS			
Peso específico del cemento		3150	kg/m ³
ARENA			
Módulo de finura de la arena		2,86	
Peso volumétrico de la arena		1288,26	kg/m ³
D.S.S.S. de la arena		2564,10	Kg/m ³
Absorción de la arena		1,58	%
Humedad de la arena		5,92	%
GRAVA			
Peso volumétrico suelto de la grava		1348,48	kg/m ³
Peso volumétrico varillado de la grava		1465,56	kg/m ³
D.S.S.S. de la grava		2610,97	kg/m ³
Tamaño máximo del agregado (GRAVA)		25	mm
Absorción de la grava		2,34	%
Humedad de la grava		0,35	%

4.2. RESULTADOS OBJETIVO II: DISEÑO DE UNA MEZCLA PATRÓN Y DISEÑO DE MEZCLA CON REEMPLAZO PARCIAL DE CEMENTO POR CCH O CCP.

4.2.1. Diseño de la mezcla patrón

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización de los agregados fino y grueso, y mediante la aplicación del código ACI 211.1, se determinaron las proporciones adecuadas de los materiales para la elaboración de $1m^3$ de hormigón, estas cantidades garantizan una mezcla con las propiedades de requeridas de resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

Tabla 14

Proporciones para $1m^3$ de hormigón

Cantidad de Materiales para 1 de hormigón			
Materiales	W (kg)	D (kg/m^3)	V (m^3)
Agua	193	1000	0,193
Cemento	361	3150	0,115
Grava	973	2610,97	0,373
Arena	781	2564,10	0,305
Aire	0	0,015	0,015
Total	2308		1,000

Para la dosificación de mezclas con reemplazo parcial de ceniza de cáscara de huevo (CCH) y ceniza de cáscara de papa (CCP), se toma como referencia a la dosificación de la mezcla patrón. A partir de esta base, se determinan los porcentajes de reemplazo establecidos y se sustrae dicha porción de la cantidad total del cemento. El resto de los materiales permanecen constante, lo que permite analizar el efecto de estos residuos agroindustriales en las propiedades del hormigón, manteniendo una composición comparable con la mezcla de control.

Tabla 15*Proporciones de materiales en kg para fundir probetas de hormigón*

Cantidad de Materiales para 1 de hormigón para diferentes tipos de muestras							
% Reemplazo	Patrón	1% CCH	3% CCH	5% CCH	1% CCP	3% CCP	5% CCP
Agua	193	193	193	193	193	193	193
Cemento	361	358	347	329	358	347	329
Grava	973	973	973	973	973	973	973
Arena	781	781	781	781	781	781	781
Aire	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Ceniza	0	4	11	17	4	11	17
Total	2308	2308	2305	2294	2308	2305	2294

4.3. RESULTADOS OBJETIVO III: INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

4.3.1. Densidades promedio de probetas de hormigón endurecido.

Tabla 16*Densidades de los tipos de hormigones en estado endurecido*

Etiqueta	Peso KG	Diámetro cm	Altura cm	Área cm ²	Vol. cm ³	Densidad Kg/m ³
PA-GU-220	12,80	15,17	29,86	180,78	5398,90	2370,30
220-GU-1%CCH	12,92	15,18	29,93	181,00	5417,85	2383,79
220-GU-3%CCH	12,83	15,14	29,99	180,06	5399,72	2375,26
220-GU-5%CCH	13,26	15,18	29,97	181,03	5426,25	2443,70
220-GU-1%CCP	12,65	15,14	29,96	180,03	5394,33	2345,54
220-GU-3%CCP	12,67	15,20	29,95	181,41	5433,68	2331,80
220-GU-5%CCP	12,58	15,16	30,05	180,53	5425,56	2318,54

4.3.2. Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión

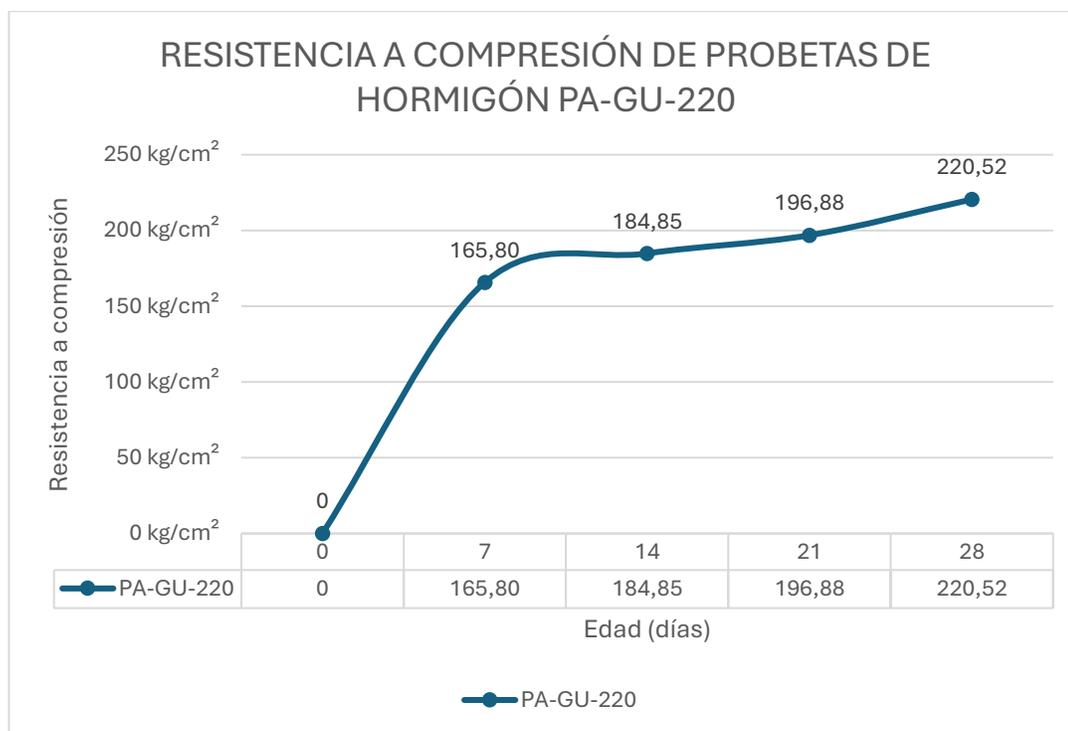
Tabla 17

Resistencias promedias de la muestra patrón de hormigón

Etiqueta	Edad	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia	Res. Prom Kg/cm ²
	Días	Diámetro	Altura		Kg/cm ²	
PA-GU-220	7	15,17	30,04	290,00	163,54	165,80
PA-GU-220	7	15,20	29,01	299,20	168,06	
PA-GU-220	14	15,13	29,97	348,10	197,50	184,85
PA-GU-220	14	15,21	30,02	306,80	172,20	
PA-GU-220	21	15,22	30,06	342,40	192,01	196,88
PA-GU-220	21	15,13	29,95	355,90	201,75	
PA-GU-220	28	15,18	30,02	406,40	228,98	220,52
PA-GU-220	28	15,13	29,84	373,90	212,06	

Gráfica 3

Curva de resistencia promedio de la muestra patrón.



Análisis: En la gráfica 3 se observa el aumento de resistencia a compresión de la mezcla patrón con el paso de los días. A los 7 días tiene una resistencia inicial de $165,80\text{kg/cm}^2$ y va incrementando hasta llegar a $220,52\text{kg/cm}^2$ a los 28 días. Esta curva sirve como base para comparar que tanto influyen las cenizas de cáscara de huevo o papa cuando se incorporan a la mezcla.

4.3.3. Resultado de rotura de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 1% CCH y 1%CCP

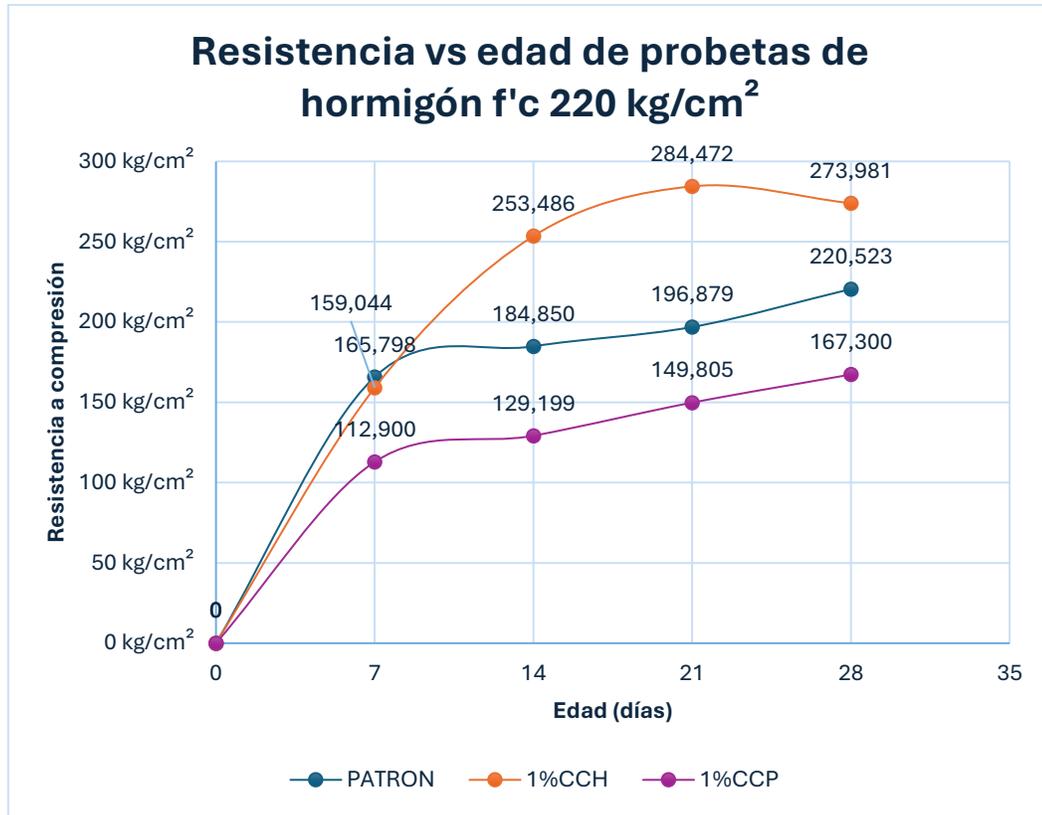
Tabla 18

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-1%CCH y 220-GU-1%CCP

Etiqueta	Edad	Dimensiones (cm)		Carga	Resistencia	Res. Prom
	Días	Diámetro	Altura	(kN)	Kg/cm ²	Kg/cm ²
220-GU-1%CCH	7	15,27	29,89	276,50	153,96	159,04
220-GU-1%CCH	7	15,18	30,17	291,30	164,13	
220-GU-1%CCH	14	15,19	29,97	447,50	251,91	253,49
220-GU-1%CCH	14	15,28	29,94	458,50	255,07	
220-GU-1%CCH	21	15,22	29,72	489,10	274,24	284,47
220-GU-1%CCH	21	15,14	29,85	520,40	294,71	
220-GU-1%CCH	28	15,17	29,89	484,80	273,44	220,52
220-GU-1%CCH	28	15,00	30,04	475,80	274,52	
220-GU-1%CCP	7	15,27	29,95	199,50	111,16	112,90
220-GU-1%CCP	7	15,13	30,01	182,20	103,31	
220-GU-1%CCP	14	15,10	29,94	219,60	125,02	129,20
220-GU-1%CCP	14	15,01	30,07	231,30	133,38	
220-GU-1%CCP	21	15,13	29,88	263,00	149,20	149,81
220-GU-1%CCP	21	15,16	30,00	266,10	150,41	
220-GU-1%CCP	28	15,18	30,02	289,10	162,98	167,30
220-GU-1%CCP	28	15,16	29,84	303,70	171,62	

Gráfica 4

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-1%CCH y 220-GU-1%CCP



Análisis: La gráfica 4 muestra la evolución de la resistencia a la compresión del hormigón con 1% de reemplazo de cemento por ceniza de cáscara de huevo (CCH) o ceniza de cáscara de papa (CCP). Se observa que la mezcla con CCH comienza a superar la resistencia de la mezcla patrón a partir del día 14 de curado, mientras que la mezcla con CCP se mantiene por debajo durante todo el periodo evaluado. El hormigón con CCH alcanza una resistencia máxima de 273,98 kg/cm^2 , superando la resistencia de diseño 220 kg/cm^2 . En cambio, la mezcla con 1% de CCP solo obtiene una resistencia de 167,30 kg/cm^2 .

4.3.4. Resultado de rotura de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 3% CCH y 3%CCP

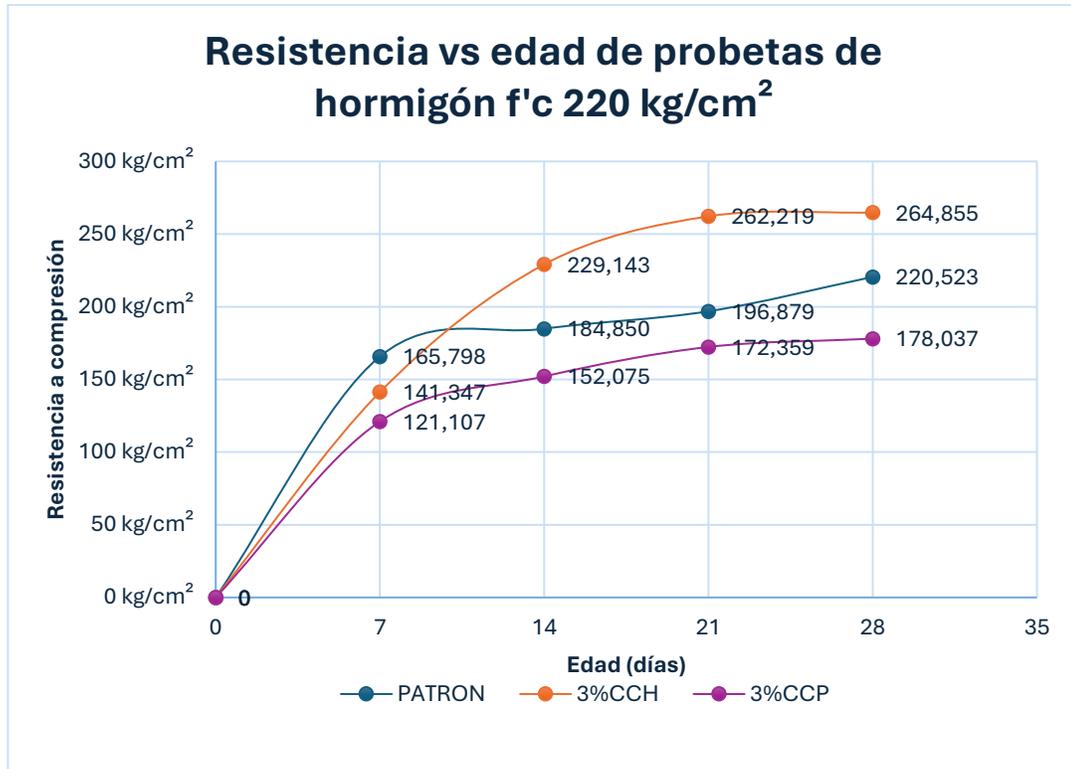
Tabla 19

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-1%CCH y 220-GU-1%CCP

Etiqueta	Edad	Dimensiones (cm)		Carga	Resistencia	Res. Prom
	Días	Diámetro	Altura	(kN)	Kg/cm ²	Kg/cm ²
220-GU-3%CCH	7	15,12	29,94	258,60	146,92	141,35
220-GU-3%CCH	7	15,08	29,98	237,90	135,77	
220-GU-3%CCH	14	15,18	29,93	414,00	233,12	229,14
220-GU-3%CCH	14	15,12	29,75	396,60	225,16	
220-GU-3%CCH	21	15,12	30,32	464,30	263,77	262,22
220-GU-3%CCH	21	15,17	29,94	462,30	260,67	
220-GU-3%CCH	28	15,17	29,96	463,00	261,25	264,85
220-GU-3%CCH	28	15,16	30,08	475,40	268,46	
220-GU-3%CCP	7	15,23	29,98	219,90	123,05	121,11
220-GU-3%CCP	7	15,22	29,97	212,70	119,17	
220-GU-3%CCP	14	15,24	30,03	254,30	142,20	152,07
220-GU-3%CCP	14	15,19	29,84	287,90	161,95	
220-GU-3%CCP	21	15,13	30,05	298,70	169,36	172,36
220-GU-3%CCP	21	15,21	29,73	312,30	175,36	
220-GU-3%CCP	28	15,17	29,96	320,50	180,74	178,04
220-GU-3%CCP	28	15,19	30,06	311,50	175,34	

Gráfica 5

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-3%CCH y 220-GU-3%CCP.



Análisis: En el caso del 3% de reemplazo, la gráfica 5 revela una tendencia clara: el uso de ceniza de cáscara de huevo (CCH) se muestra un incremento de la resistencia a compresión evidente a partir del día 14. A partir de ese punto, la mezcla con CCH no solo supera a la mezcla patrón, si no que mantiene un rendimiento superior hasta el final del periodo evaluado, alcanzando un valor de $264,86 \text{ kg/cm}^2$.

En cambio, la mezcla con ceniza de cáscara de papa (CCP) no obtuvo el mismo desempeño, registrando una resistencia final de $178,03 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.5. Resultado de rotura de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 5% CCH y 5%CCP

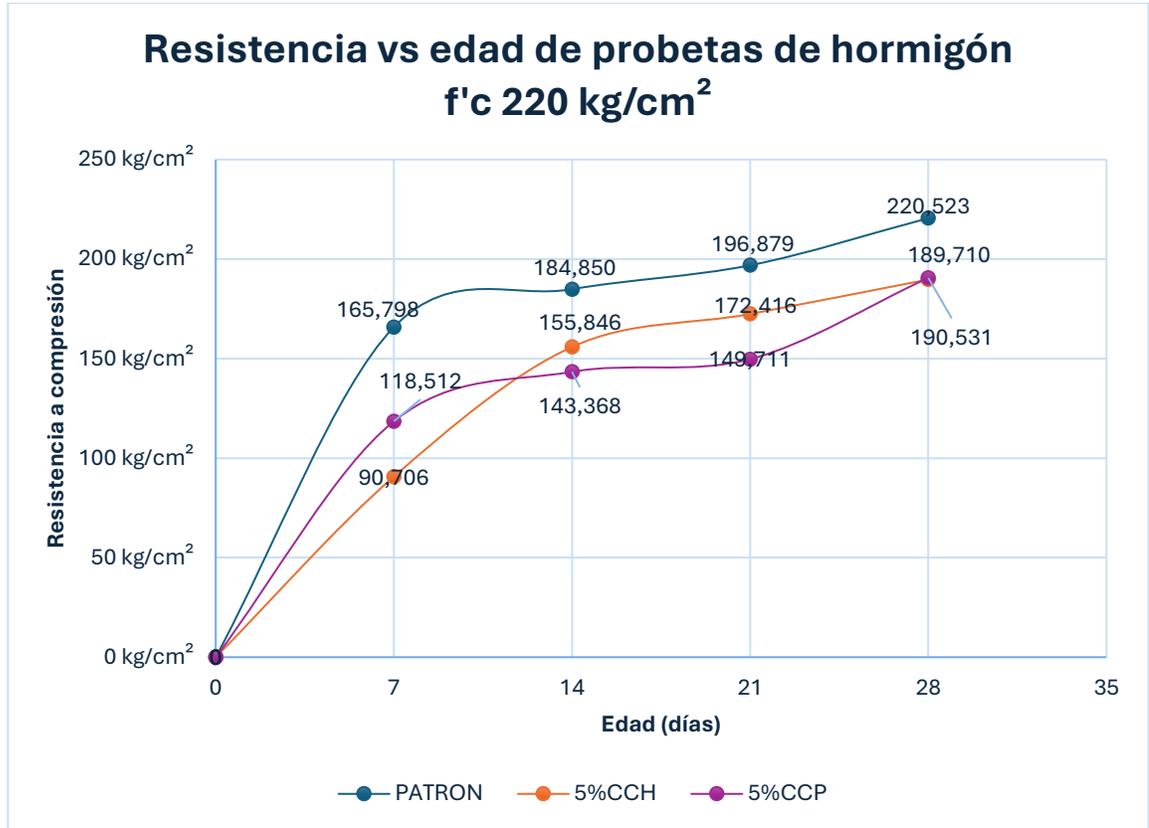
Tabla 20

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-5%CCH y 220-GU-5%CCP

Etiqueta	Edad	Dimensiones (cm)		Carga	Resistencia	Res. Prom
	Días	Diámetro	Altura	(kN)	Kg/cm ²	Kg/cm ²
220-GU-5%CCH	7	15,25	29,98	154,90	86,52	90,71
220-GU-5%CCH	7	15,18	29,99	168,50	94,89	
220-GU-5%CCH	14	15,19	29,71	273,80	154,17	155,85
220-GU-5%CCH	14	15,21	30,02	280,50	157,52	
220-GU-5%CCH	21	15,16	30,05	289,30	163,48	172,42
220-GU-5%CCH	21	15,20	30,10	322,70	181,36	
220-GU-5%CCH	28	15,11	29,96	330,20	187,80	189,71
220-GU-5%CCH	28	15,17	29,99	339,60	191,62	
220-GU-5%CCP	7	15,22	29,94	219,50	122,98	118,51
220-GU-5%CCP	7	15,19	30,05	289,30	114,05	
220-GU-5%CCP	14	15,13	30,10	322,70	145,43	143,37
220-GU-5%CCP	14	15,21	29,96	330,20	141,31	
220-GU-5%CCP	21	15,05	29,99	339,60	150,38	149,71
220-GU-5%CCP	21	15,15	29,95	199,50	149,04	
220-GU-5%CCP	28	15,15	30,01	182,20	189,22	190,53
220-GU-5%CCP	28	15,18	29,94	219,60	191,84	

Gráfica 6

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestras 220-GU-5%CCH y 220-GU-5%CCP



Análisis: En la gráfica 6 se comparan los resultados de resistencia a la compresión para las mezclas con 5% de reemplazo de cemento por CCH o CCP. Se observa que ambas mezclas tienen un comportamiento menos favorable. La mezcla con 5% de CCH alcanzó una resistencia de $189,71 \text{ kg/cm}^2$, menor a la resistencia de diseño, al igual que la mezcla con 5% de CCP que llega a $190,53 \text{ kg/cm}^2$, aunque se puede notar que la CCP comienza a mostrar un leve mejoramiento a medida que se aumenta el porcentaje de reemplazo.

4.3.6. Copilado comparativo de resistencias a compresión de probetas de hormigón elaboradas

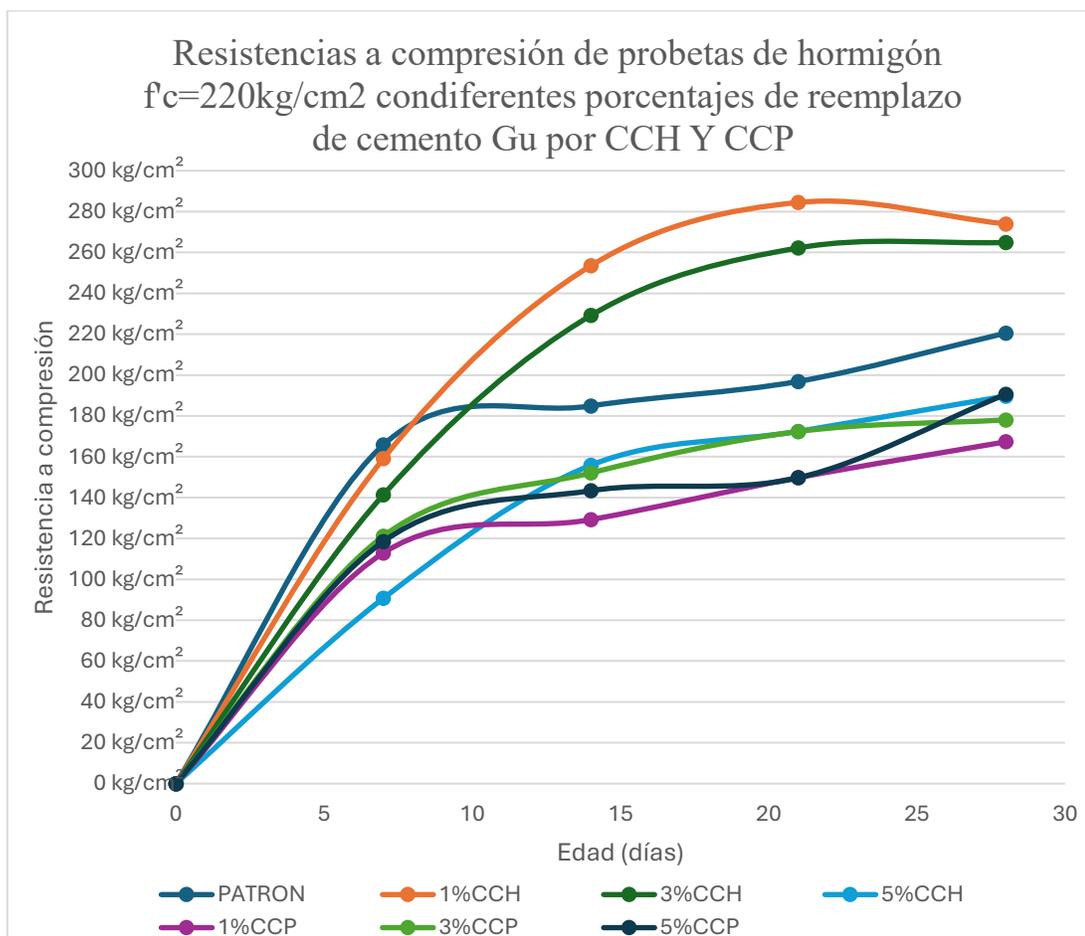
Tabla 21

Resistencias alcanzadas de las probetas de hormigón

Resistencia promedio a compresión y revenimientos de mezclas de hormigón en Kg/cm ²							
Edad (días)	Patrón	1%CCH	3%CCH	5%CCH	1%CCP	3%CCP	5%CCP
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	165,80	159,04	141,35	90,71	112,90	121,11	118,51
14	184,85	253,49	229,14	155,85	129,20	152,07	143,37
21	196,88	284,47	262,22	172,42	149,81	172,36	149,71
28	220,52	273,98	264,85	189,71	167,30	178,04	190,53
Revenimiento (cm)	4	4,5	4	16,5	3,5	4,2	5,5

Gráfica 7

Resistencias alcanzadas de las probetas de hormigón F'c 220



Análisis: La gráfica indica el comportamiento del hormigón con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por cenizas de cáscara de huevo (CCH) o de papa (CCP), en función del tiempo de curado. En general, la mezcla con 1% de CCH muestra el mejor desempeño, superando a la mezcla patrón desde el día 14. Con el 3% de CCH, aunque la resistencia disminuye respecto al 1%, aún se mantiene por encima del valor de diseño. Sin embargo, al usar un 5% de CCH, la resistencia cae por debajo de los $190,53 \text{ kg/cm}^2$, indicando que un mayor porcentaje no siempre implica un mejor resultado.

En cuanto a las mezclas con CCP, todas inician con resistencias inferiores a la mezcla patrón. Aun así, se observa una mejora con el paso de los días y con el aumento del porcentaje de reemplazo, siendo la mezcla con 5% de CCP la que muestra el mayor avance dentro de este grupo, aunque sin superar la resistencia inicial.

4.3.7. Análisis de varianza

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante el ANOVA, los cuales permiten identificar si las diferencias observadas entre las mezclas evaluadas son estadísticamente significativas.

4.3.7.1. Análisis de diagramas de las mezclas sin aditivos y con incorporación de CCH o CCP.

Tabla 22

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

Días	Mezcla patrón		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	163,54	168,06	165,80
14	197,50	172,20	184,85
21	192,01	201,75	196,88
28	228,98	212,06	220,52

Gráfica 8

Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$ con 1% de CCH.

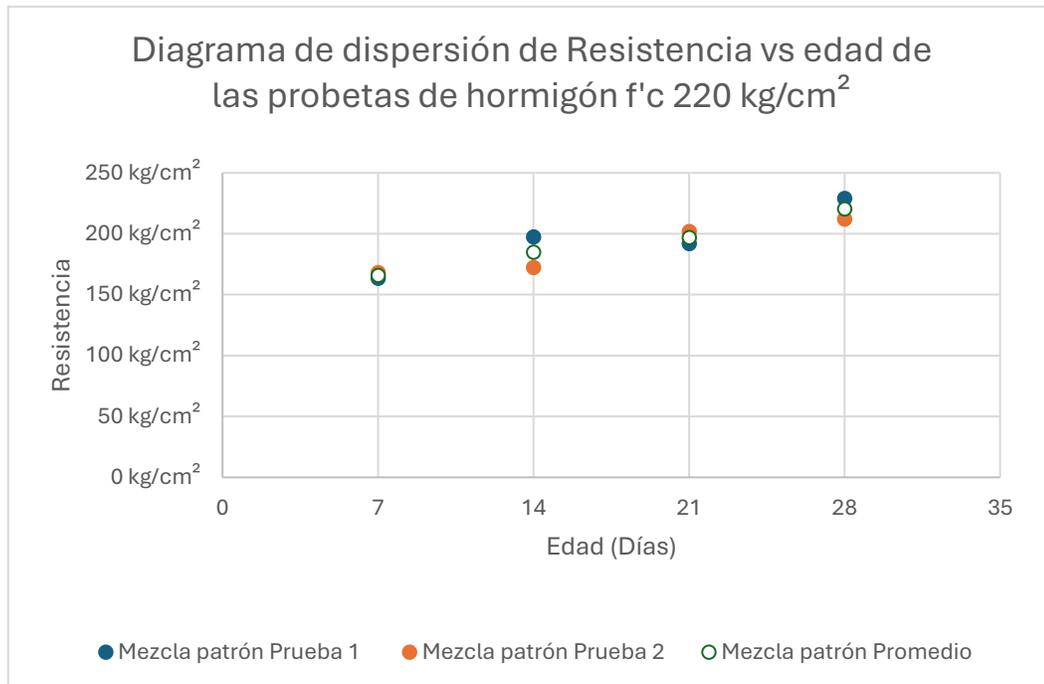


Tabla 23

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 1% de CCH.

Días	Mezcla con CCH 1%		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	153,96	164,13	159,04
14	251,91	255,07	253,49
21	274,24	294,71	284,47
28	273,44	274,52	273,98

Gráfica 9

Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 1% de CCH.

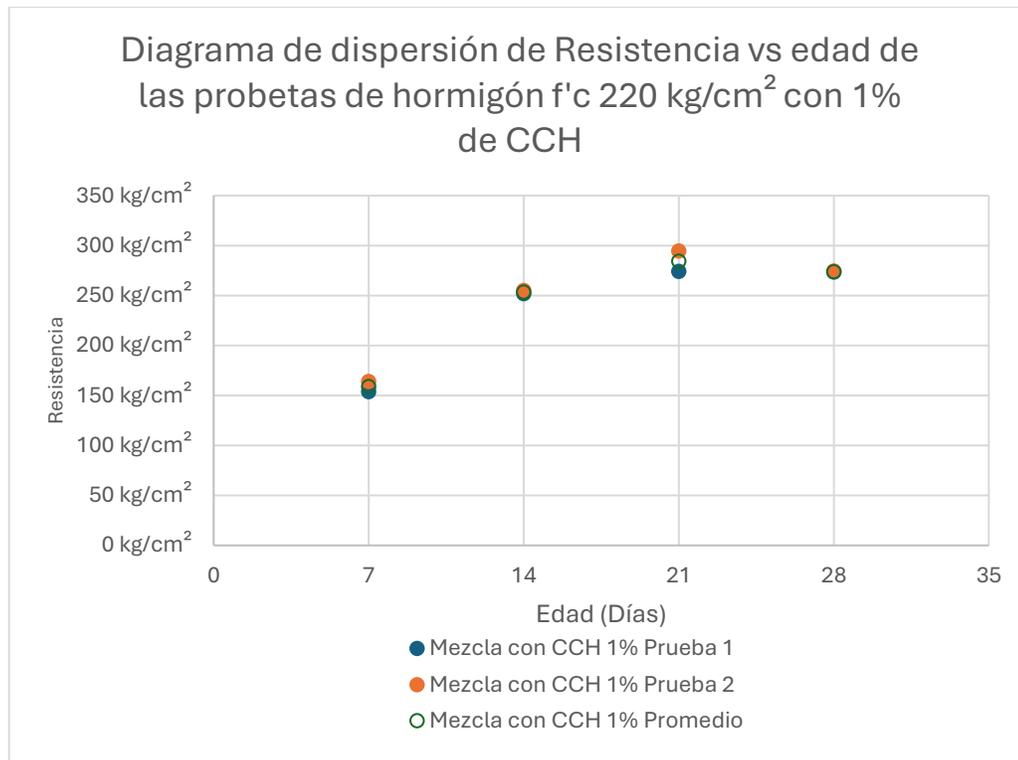


Tabla 24

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 3% de CCH.

Días	Mezcla con CCH 3%		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	146,92	135,77	141,35
14	233,12	225,16	229,14
21	263,77	260,67	262,22
28	261,25	268,46	264,85

Gráfica 10

Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 3% de CCH.

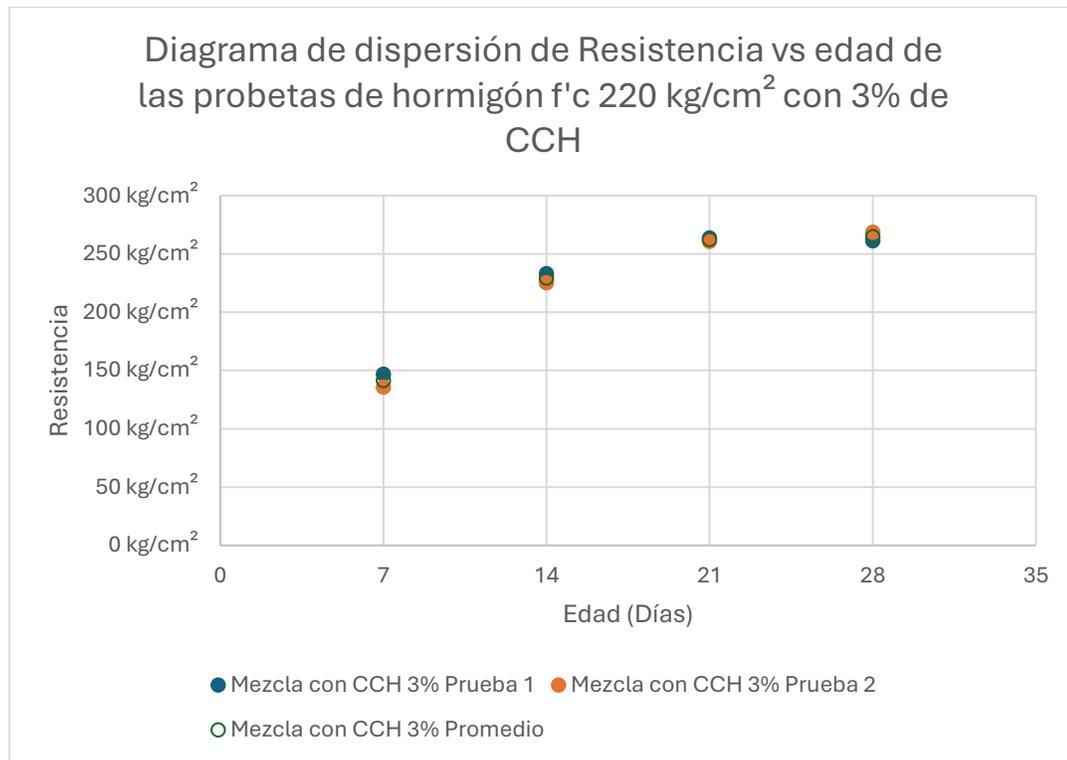


Tabla 25

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 5% de CCH.

Días	Mezcla con CCH 5%		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	86,52	94,89	90,71
14	154,17	157,52	155,85
21	163,48	181,36	172,42
28	187,80	191,62	189,71

Gráfica 11

Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 5% de CCH.

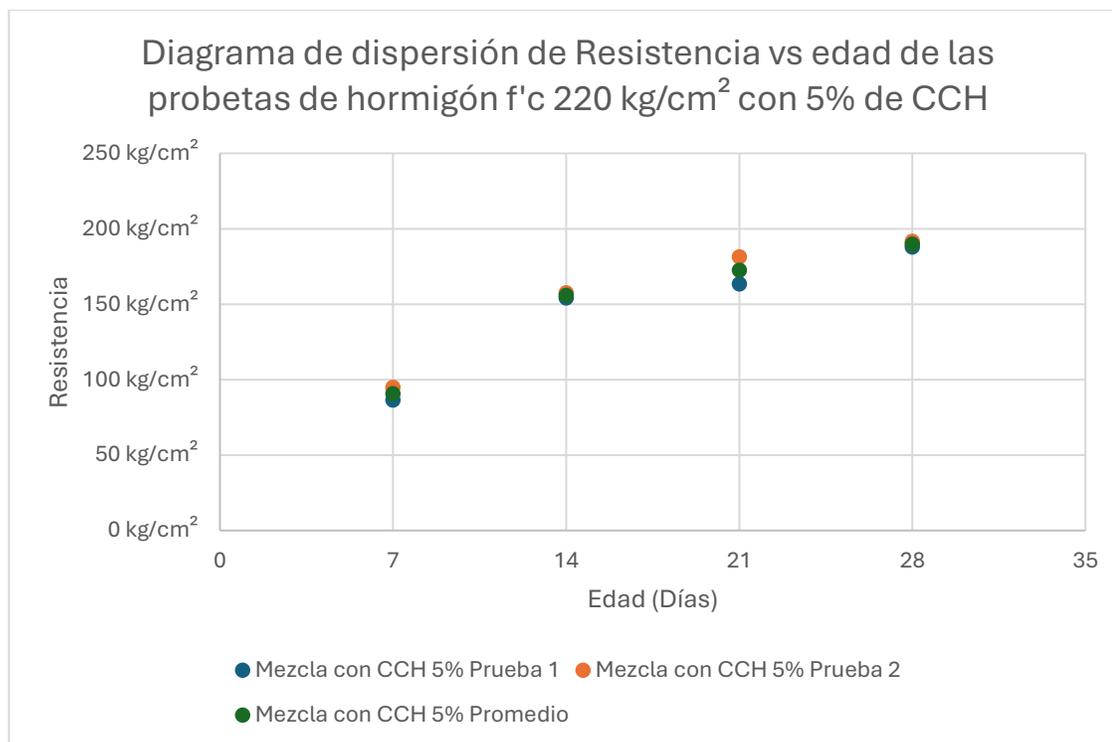


Tabla 26

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 1% de CCP.

Días	Mezcla con CCP 1%		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	111,16	103,31	107,23
14	125,02	133,38	129,20
21	149,20	150,41	149,81
28	162,98	171,62	167,30

Gráfica 12

Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 1% de CCP.

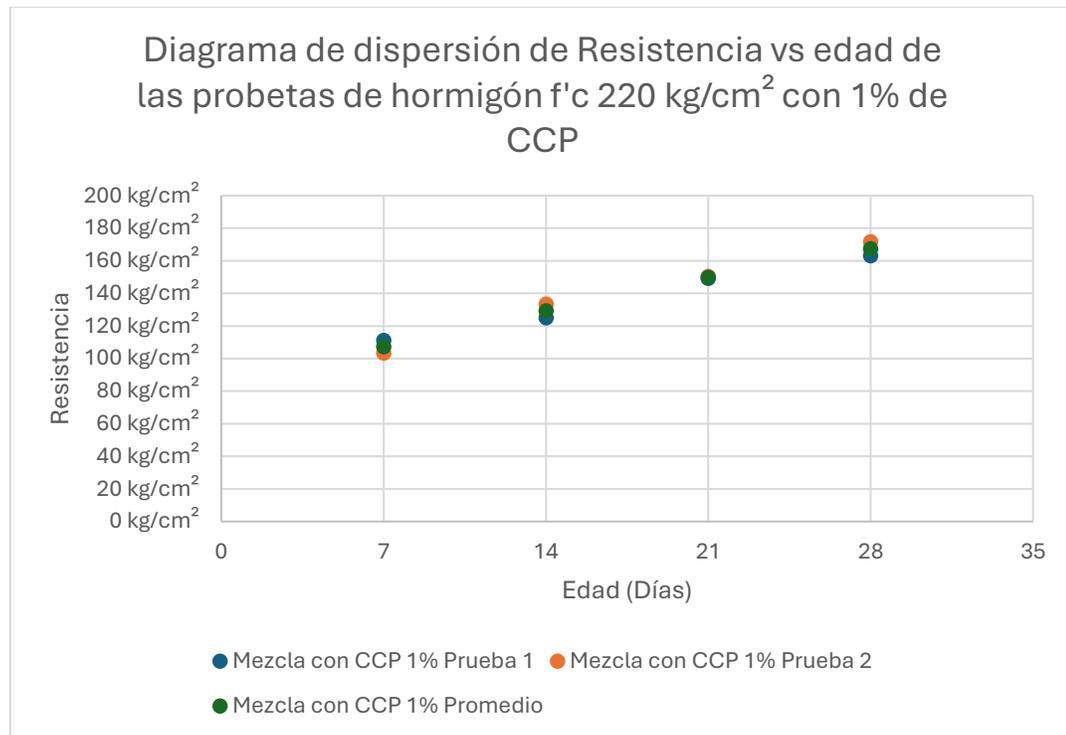


Tabla 27

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 3% de CCP.

Días	Mezcla con CCP 3%		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	123,05	119,17	121,11
14	142,20	161,95	152,07
21	169,36	175,36	172,36
28	180,74	175,34	178,04

Gráfica 13

Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 3% de CCP.

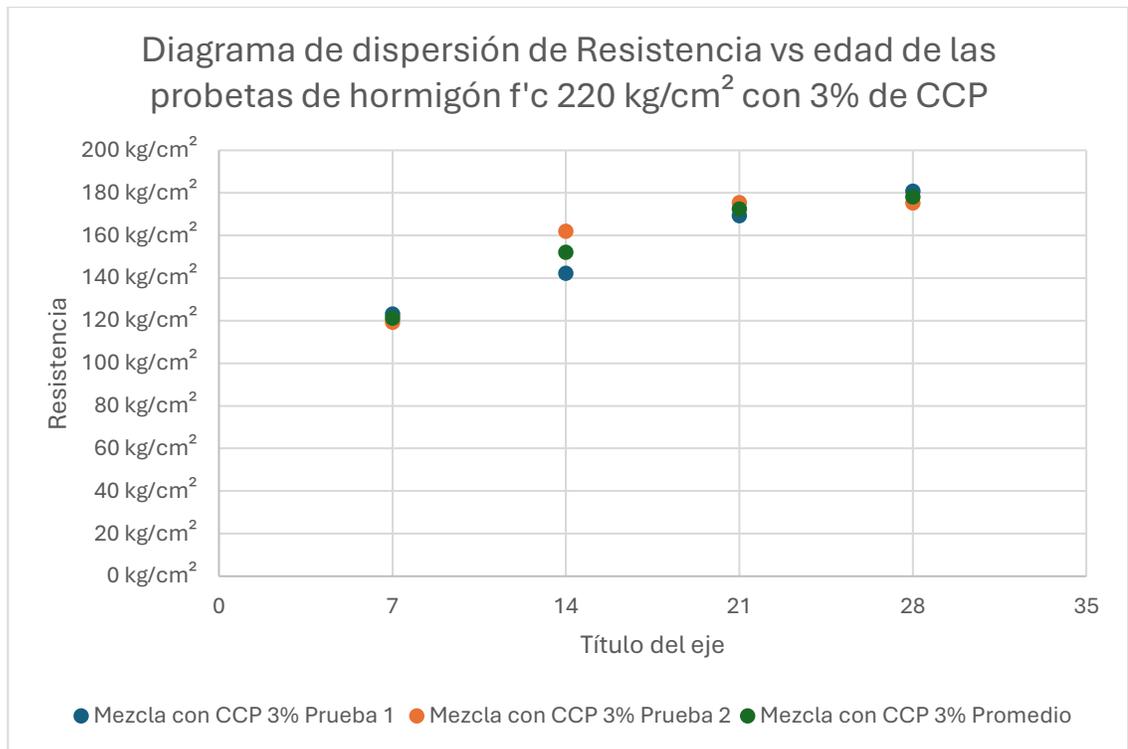


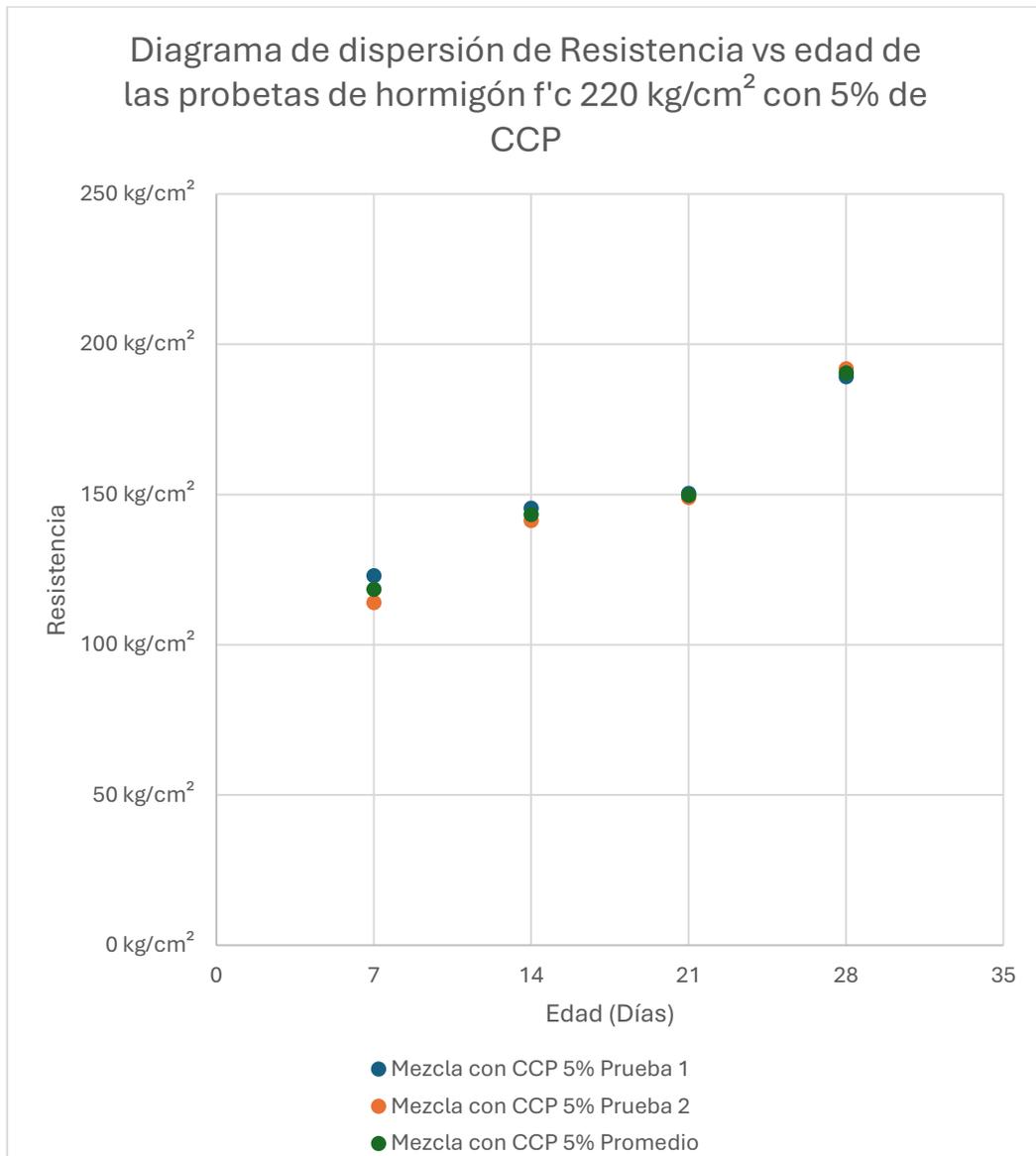
Tabla 28

Datos en (kg/cm^2) del experimento de la resistencia a la compresión de la mezcla con 5% de CCP.

Días	Mezcla con CCP 5%		
	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
7	122,98	114,05	118,51
14	145,43	141,31	143,37
21	150,38	149,04	149,71
28	189,22	191,84	190,53

Gráfica 14

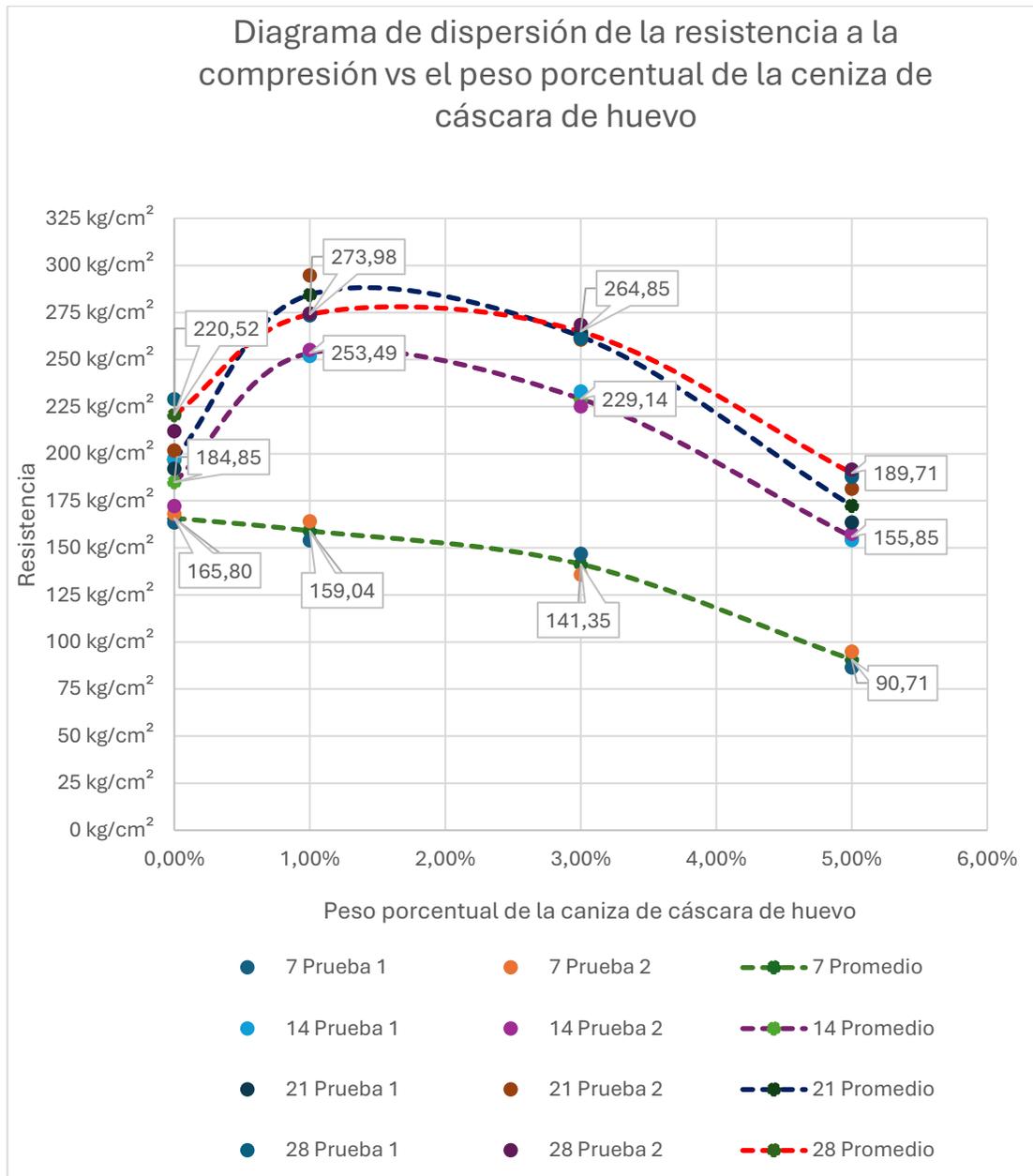
Diagrama de dispersión de resistencia vs edad de las probetas de hormigón $f'c$ 220 kg/cm^2 con 5% de CCP.



4.3.7.1. Copilado de diagramas de las mezclas sin aditivos y con incorporación de CCH.

Gráfica 15

Diagrama de dispersión de la resistencia a la compresión vs el peso porcentual de la ceniza de cáscara de huevo.



4.3.7.1.1. Análisis de varianza a los 28 días de un hormigón de $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$.

Análisis de varianza para comparar la resistencia a la compresión a los 28 días entre la mezcla sin aditivos y las mezclas con sustituciones del cemento por ceniza de cáscara de huevo (CCH) en porcentajes de 1%, 3% y 5%.

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Resistencia a los 28 días de un hormigón de 220kg/cm2							
Porcentaje de ceniza	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)				$\sum y_{ij}^2$	$\sum y_i^2$	$\sum y_i^2/2$
	1	2	y_i	\bar{y}_{ij}			
0%	228,98	212,06	441,05	220,52	52432,33	44971,16	97260,4029
CCH 1%	273,44	274,52	547,96	273,98	74770,93	75361,05	150131,393
CCH 3%	261,25	268,46	529,71	264,85	68251,64	72070,36	140296,011
CCH 5%	187,80	191,62	379,42	189,71	35268,76	36718,63	71980,0822
Total			1898,14	237,27			459667,889
$SS_T = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^2 y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$		9478,99508					
$SS_{\text{Tratamientos}} = \sum_{i=1}^5 \frac{y_i^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{N}$		9302,03563			$F_0 = \frac{\frac{SS_{\text{Tratamientos}}}{(a-1)}}{\frac{SS_{\text{Error}}}{(N-a)}} = \frac{MS_{\text{Tratamientos}}}{MS_{\text{Error}}}$		70,0878891
$SS_E = SS_T - SS_{\text{Tratamientos}}$		176,959448					
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo	Valor P	F crit	
Tratamientos	9302,035632	3	3100,67854	70,0878891	0,0006494	6,591382116	
Error	176,9594482	4	44,2398621				
Total	9478,99508	7					

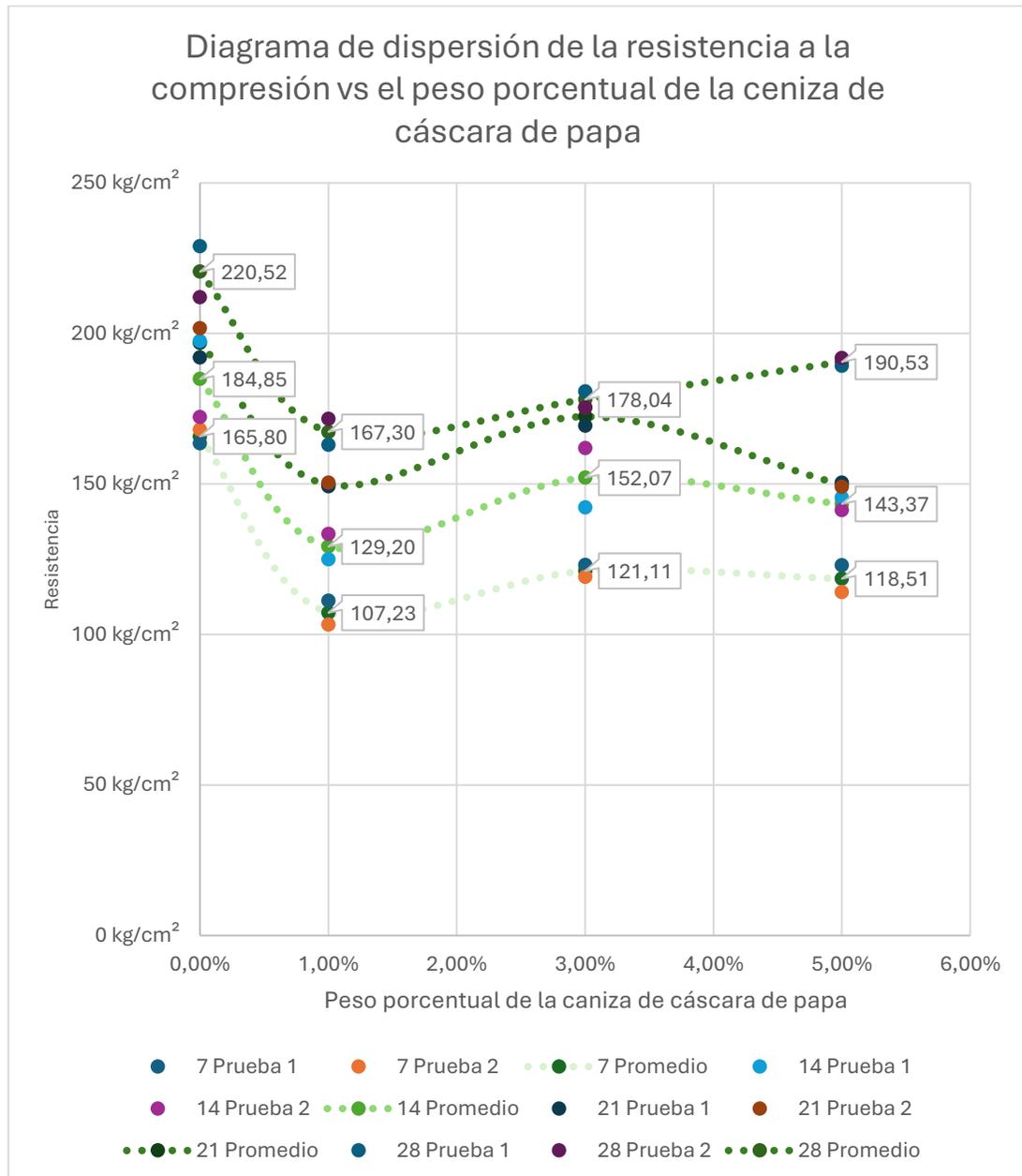
Análisis: Los resultados obtenidos indican que existe una variación estadísticamente significativa entre los tratamientos, lo cual demuestra que el reemplazo del cemento por CCH si influye en la resistencia del hormigón. No obstante, esta variación resulta negativa a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo.

Por lo tanto, aunque con el uso de CCH puede tener un efecto inicial favorable, su aumento en mayor proporción afecta a la resistencia del hormigón, lo cual debe ser considerado al momento de definir porcentajes óptimos de reemplazo en futuras aplicaciones.

4.3.7.2. Copilado de diagramas de las mezclas sin aditivos y con incorporación de CCP.

Gráfica 16

Diagrama de dispersión de la resistencia a la compresión vs el peso porcentual de la ceniza de cáscara de papa



4.3.7.2.1. Análisis de varianza a los 28 días de un hormigón de $f'c = 220 \text{ kg/cm}^2$.

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Resistencia a los 28 días de un hormigón de 220kg/cm ²									
Porcentaje de ceniza	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)								
	1	2	$y_{i.}$	\bar{y}_{ij}	Y^2_{ij}	$Y^2_{i.}$	$Y^2_{.j}/2$		
Mezcla patrón	228,98	212,06	441,05	220,52	52432,33	44971,16	194520,81	97260,4029	
CCP 1%	162,98	171,62	334,60	167,30	26561,08	29454,94	111957,25	55978,6252	
CCP 3%	180,74	175,34	356,07	178,04	32665,69	30743,25	126788,74	63394,3716	
CCP 5%	189,22	191,84	381,06	190,53	35803,10	36804,40	145208,10	72604,049	
Total			1512,78	189,10				289237,449	
		$SS_T = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^2 y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$		3372,6224					
		$SS_{\text{Tratamientos}} = \sum_{i=1}^5 \frac{y_{i.}^2}{n_i} - \frac{y_{..}^2}{N}$		3174,10255	$F_0 = \frac{\frac{SS_{\text{Tratamientos}}}{(a-1)}}{\frac{SS_{\text{Error}}}{(N-a)}} = \frac{MS_{\text{Tratamientos}}}{MS_{\text{Error}}}$		21,3184559		
		$SS_E = SS_T - SS_{\text{Tratamientos}}$		198,519853					
		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo	Valor P	F crit		
Tratamientos		3174,102547	3	1058,03418	21,3184559	0,0063675	6,591382116		
Error		198,5198531	4	49,6299633					
Total		3372,6224	7						

Análisis: Los resultados muestran diferencias significativas en la resistencia a la compresión entre las mezclas evaluadas. El valor F calculado fue de 21,32 superando el valor crítico de 6,59, lo que indica una variación significativa entre los tratamientos. Además, el valor de p obtenido es menor al nivel de significancia de 0,05, confirmando que las diferencias no son productos al azar. Por tanto, la incorporación de ceniza influye significativamente en la resistencia del hormigón a los 28 días.

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La comparación del análisis de resultados respecto a los antecedentes permite identificar cada uno de los patrones presentes en esta investigación. Se evidencia que con el reemplazo parcial de ceniza de cáscara de huevo (CCH), se obtuvo un efecto positivo en la resistencia a la compresión del hormigón con el reemplazo de 1% y 3%.

A diferencia de lo observado con la ceniza de cáscara de papa (CCP), cuyos resultados fueron más variables, especialmente en los primeros días de curado. Aunque con el 5% de reemplazo se logró obtener la mayor resistencia dentro del grupo CCP, esta no superó al hormigón patrón, lo que indica un comportamiento menos favorable en términos de desarrollo resistente. Esto puede atribuirse a una reacción puzolánica más lenta, tal como lo han mencionado Aizpurúa et al. (2018), quienes explican que la eficiencia de estas adiciones depende de su composición química y del grado de calcinación.

Los resultados permiten contrastar en las hipótesis planteadas; la hipótesis específica HE.3, que propone que la incorporación de estas cenizas incrementara la resistencia inicial solo cumple con el 1% y 3% de reemplazo de cenizas de cáscara de huevo (CCH), y el mayor desempeño se obtuvo con el 1% de CCH, mientras que con el 5% se obtuvo una menor resistencia. Por el contrario, las cenizas de CCP en ninguno de sus porcentajes cumplió con esa hipótesis.

Los datos obtenidos en esta investigación indican que no todos los residuos agroindustriales presentan los mismos efectos al ser utilizados como reemplazo parcial del cemento en el hormigón. La ceniza de cáscara de huevo demuestra una reacción favorable en resistencia en comparación a la ceniza de cáscara de papa, es posible que las CCP requieran más tiempo de hidratación. Así como se indica en las fuentes consultadas los factores de origen y proceso de calcinación influyen en la mezcla del hormigón.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los ensayos elaborados en el laboratorio de suelos de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) demostraron que los agregados gruesos y finos cumplen con los requisitos establecidos por las normas NTE INEN 696 y ASTM C136. Mediante el ensayo de granulometría se obtuvo un módulo de finura de 2,86 para el agregado fino (arena), mientras que el agregado grueso tuvo un tamaño máximo nominal de 25 mm y una curva granulométrica que se encuentra dentro de los límites establecidos por las normas mencionadas anteriormente. Además, los valores de humedad (1,58%) y absorción (2,34%) fueron apropiados por lo que son aptos para el diseño de la mezcla de hormigón armado.

Se diseñó una mezcla patrón utilizando código ACI 211.1 con una resistencia inicial de 220 kg/cm²; a partir de esta mezcla patrón, se elaboraron diseños experimentales en los que se sustituyó el cemento en un 1%, 3% y 5% por cenizas agroindustriales de cascara de huevo (CCH) y cascara de papa (CCP). Esta estrategia permitió evaluar el comportamiento del hormigón sin alterar las proporciones de los otros materiales para poder así realizar un análisis comparable entre todas las muestras.

La adición de cenizas de cáscara de huevo (CCH) en porcentajes de 1% y 3% mejoro significativamente la resistencia del hormigón, alcanzando un aumento máximo del 24,2% con 1%de CCH de 273,98 kg/cm², y un 20,1% con 3%, mientras que al usar el 5% la resistencia disminuye (Gráfica 7). Se sugiere que el porcentaje óptimo de reemplazo podría estar entre 1% y 1,5%. En cambio, las mezclas con cenizas de cáscara de papa (CCP) no lograron superar la resistencia inicial, pero mostro un aumento en comparación a la mezcla con 1% de CCP más no a la mezcla patrón (gráfica 16).

5.2. RECOMENDACIONES

Los agregados para el diseño de la mezcla deben ser seleccionados de acuerdo con los requisitos establecidos por las normas NTE INEN 696 Y ASTM C136 ya que estos influyen de manera directa sobre las propiedades físicas y del comportamiento del hormigón.

Al realizar estas investigaciones es recomendable mantener la relación agua/cemento de acuerdo con el diseño de la mezcla y solo sustituir la cantidad de cemento correspondiente a los porcentajes, tal como se realizó en esta investigación. Esto permite evaluar y analizar el efecto de cada adición a la mezcla.

El hormigón con sustitución de ceniza de cáscara de huevo (CCH) con proporciones de 1% y 3% superan la resistencia inicial, lo cual es favorable para su uso en hormigón armado en edificios de hasta dos pisos. En cambio, las dosificaciones con CCH o CCP al 5% se podrían utilizar en elementos no estructurales o de hormigón simple. La calcinación de estas cenizas se realizó a cielo abierto; por lo tanto, para futuras investigaciones, se sugiere que las cáscaras de huevo y papa sean calcinadas de manera controlada a diferentes temperaturas (por ejemplo, 500°C, 700°C y 900°C) y determinar la temperatura óptima, ya que la temperatura, como el método de calcinación puede influir en las propiedades puzolánicas y químicas de las cenizas obtenidas a diferentes temperaturas.

Se recomienda que para futuras investigaciones se analice la durabilidad a largo plazo del hormigón con la adición de estas cenizas (CCP Y o CCH), considerando propiedades como absorción, permeabilidad y resistencia al ataque de sulfatos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aizpurúa, L. I., Moreno, G. M., & Caballero, K. (2018). Estudio del concreto de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros. *Revista UTP*. https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2071/3040?utm_source=chatgpt.com
- BECOSAN. (2021, March 17). *HORMIGÓN | Características, tipos y usos*. <https://www.becosan.com/es/hormigon/>
- Bernal Izquierdo, A. P. (2025). Revisión sistemática de la literatura del uso de las cenizas de cáscara de café en el desempeño mecánica y durabilidad del concreto. *Repositorio Institucional USS*, 02. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/14475>
- Blesson, S., & Rao, A. U. (2023). Agro-industrial-based wastes as supplementary cementitious or alkali-activated binder material: a comprehensive review. *Innovative Infrastructure Solutions* 2023 8:4, 8(4), 1–23. <https://doi.org/10.1007/S41062-023-01096-8>
- Castillo Piscocoya, G. E., Peralta Panta, J. K., Chavarry Koosi, J. C., & Muñoz Pérez, S. P. (2021, September). *Uso de residuos agroindustriales en las propiedades mecánicas del concreto: Una revisión literaria | Revista Ingeniería*. <https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/95/247>
- Castro Izurieta, F. A., & Párraga Pérez, M. C. (2024). *Control de Calidad del hormigón premezclado para la construcción de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR Los Merinos*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27681>
- Cemex. (2019, April 5). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?* | *Cemex Peru*. Artículos de Construcción. <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Clamon, T. (2023, October 5). *Research Methods in Engineering*. Charles C. Sherrod Library. <https://libraries.etsu.edu/research/guides/engineering/methods>
- Concrelab. (2023, April 16). *Los diferentes tipos de concreto y sus usos - Concrelab*. <https://www.concrelab.com/los-diferentes-tipos-de-concreto-y-sus-usos/>

- Cordero E., G. D., Cárdenas G., J. A., & Rojas Suarez, J. P. (2022). Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI. *Editorial-Ufps*, 1, 116. <https://doi.org/10.22463/9789587717051>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (Fifth edition). SAGE Publications. https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- Cuizano Alvarón, J. L. (2023). *Obtención de carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8308>
- Darío, J., Zarpán, G., Prado, W. Q., & Villarreal, F. (2024). Influencia de la Ceniza de Subproductos-Agroindustriales como sustituto parcial del cemento en las Propiedades Mecánicas y Microestructurales del concreto, ICA-2024. *Climatología*, 24. <https://doi.org/10.59427/rcli/2024/v24cs.2152-2190>
- Fernández Bao, S. (2020). *Diseño de experimentos: diseño factorial memoria y anexos autor*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf
- Frías-Gutiérrez, S., Revuelta-Muñoz, M., & Pacheco-Bustos, C. (2022). Análisis del ciclo de vida (ACV): De un cemento producido con reemplazo de cáscara de huevo y cáscara de arroz. *Scielo*, 17(1), 88–110. <https://doi.org/10.22507/PML.V17N1A6>
- Ganesan, K., Rajagopal, K., & Thangavel, K. (2008). Rice husk ash blended cement: Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 22(8), 1675–1683. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2007.06.011>
- Grijalda, C. A. (2020). *Concreto armado 1*. <http://ingenieria.cunoc.usac.edu.gt/portal/articulos/f5fbdbe34a43844054e9e738c18b143f6361b1a7.pdf>
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163–173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

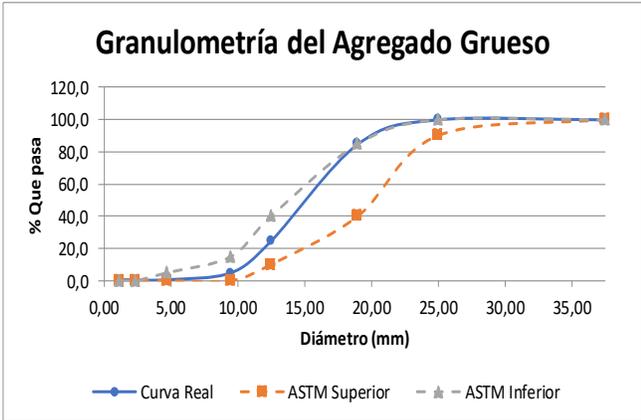
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2007). Análisis y diseño de experimentos. *McGraw-Hill*.
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- He, J., Kawasaki, S., & Achal, V. (2020). The utilization of agricultural waste as agro-cement in concrete: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17).
<https://doi.org/10.3390/SU12176971>
- Hernández Sampieri, C. R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2011). *Metodología de la investigación* (Primera, Vol. 1). MCGraw-Hill.
https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología De La Investigación* (C. P. Mendoza Torres & S. Méndez Valencia, Eds.; Sexta). Mc Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Martínez, S. (2022, January 24). Hormigón ciclópeo, ¿qué es? *Todorehabilitación*.
<https://todorehabilitacion.com/hormigon-ciclopeo-que-es/>
- Mendoza Ccajma, J. C., & Puma Fuentes, H. M. (2022). Adición de ceniza de cáscara de papa y cáscara de huevo para mejoramiento físico mecánico del concreto $f'c=210$ kg/cm² en edificaciones, Arequipa 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101626>
- Meza Quintanilla, L. E. (2022). Aspectos fundamentales del concreto presforzado. In *Revista Ingeniería Civil*, 18(1) (Vol. 1).
- Minitab. (2025). *Interpretar los resultados clave para la ANOVA de un solo factor*. Minitab, LLC. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/interpret-the-results/key-results/>
- Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa guía didáctica. *Universidad Veracruzana*.
- Moraga D, V. F. (2023, April 26). *Centro UC Innovación del Hormigón - Sustentabilidad en hormigones: una aproximación a los desafíos actuales de la*

- industria*. <https://centrohormigon.uc.cl/actualidad/reportajes/633-sustentabilidad-en-hormigones-una-aproximacion-a-los-desafios-actuales>
- Morales Escobar, D. P., & Arrieta Almario, Á. Á. (2023). *Utilización de residuos agroindustriales en la elaboración de materiales*. Editorial CECAR. <https://doi.org/10.21892/9786287515413.10>
- Moreno Cansado, A. (2021). Materiales componentes del hormigón. In *Fundación MUSAAT*. <https://www.riarte.es/bitstream/handle/20.500.12251/2277/CERCHA%20149.%20JUL-21.%20pp.%2062-67.%20Fichas%20Fundaci%C3%B3n%20MUSAAT.%20Materiales%20componentes%20del%20hormig%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- NRMCA. (2020). Concreto Estructural de Peso Liviano. *National Ready Mixed Concrete Association*. <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP36es.pdf>
- Pesce, G., Campos, D. G., Locati, F., Mendibe, J., Dahbar, P., Berezosky, J. J., & Marfil, S. A. (2025). Mitigación de la RAS mediante la incorporación de nanosílice. *Revista Hormigón*, 67, 5–16. <https://revistahormigon.org/wp-content/uploads/RH-67-completa.pdf>
- Tamayo, M., & Tamayo. (2005). *El Proceso De La investigación Científica: Incluye Evaluación Y Administración De Proyectos De Investigación* (GRUPO NORIEGA, Ed.; CUARTA, pp. 120–178). LIMUSA S.A. www.noriega.com.mx
- Taylor, A. W. (2025). *La edición 2025 del Código ACI 318 será un gran paso a la sostenibilidad del hormigón” – Hormigón al Día*. *Hormigón al Día*. <https://hormigonaldia.ich.cl/entrevista/andrew-w-taylor-presidente-del-comite-aci-318-la-edicion-2025-del-codigo-aci-318-sera-un-gran-paso-a-la-sostenibilidad-del-hormigon/>
- Wordpress. (2017, June 13). *Caracterización Básica del Concreto*. Wordpress. <https://concretusblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/06/capc3adtulo-1-comportamiento-del-concreto.pdf>

ANEXOS

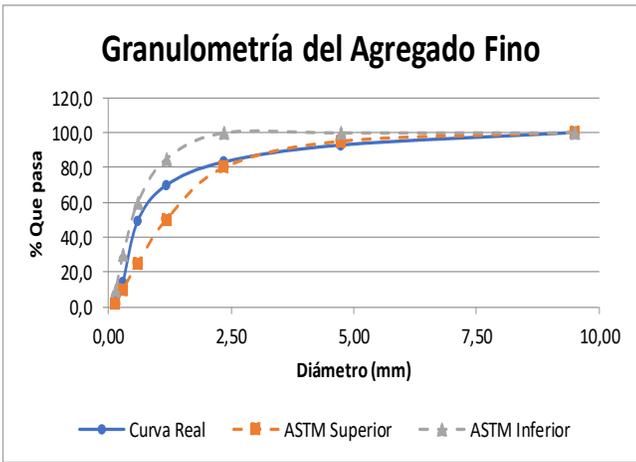
ANEXO 1

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS- GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:		INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1					
FUENTE DE AGREGADO GRUESO		CALIZAS HUAYCO					
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTE INEN 696)							
TAMIZ	DIÁMETRO	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN ASTM	
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100,0	100,0
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,0	90,0	100,0
3/4"	19,00	1775,00	15,19	15,19	84,8	40,0	85,0
1/2"	12,50	7071,00	60,53	75,72	24,3	10,0	40,0
3/8"	9,50	2302,00	19,70	95,42	4,6	0,0	15,0
Nº 4	4,75	499,00	4,27	99,70	0,3	0,0	5,0
Nº 8	2,36	4,88	0,04	99,74	0,3	0,0	0,0
Nº 16	1,18	2,02	0,02	99,76	0,2	0,0	0,0
FONDO		28,62	0,24	100,00	0,0		
TOTAL		11682,52	100,00		MF= 5.86		
TAMAÑO MÁXIMO			1"	25 mm			
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1"	25 mm			
 <p style="text-align: center;">Granulometría del Agregado Grueso</p> <p style="text-align: center;">% Que pasa</p> <p style="text-align: center;">Diámetro (mm)</p> <p style="text-align: center;">—●— Curva Real - -■- - ASTM Superior - -▲- - ASTM Inferior</p>							
Tesisistas			Laboratorista		Director de laboratorio		
Catuto Flores Kerlly Vera Del Pezo Gabriela			Roger Magallanes		Ing. Nestor Orrala		

ANEXO 2

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS- GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1						
FUENTE DE AGREGADO FINO				DISENSA -PROVENIETE DE LA CANTERA EL TRIUNFO			
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTE INEN 696)							
TAMIZ	DIÁMETRO	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN ASTM	
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100,0	100,0
N° 4	4,75	103,21	7,17	7,17	92,8	95,0	100,0
N° 8	2,36	139,38	9,69	16,86	83,1	80,0	100,0
N° 16	1,18	193,50	13,45	30,31	69,7	50,0	85,0
N° 30	0,60	294,29	20,45	50,76	49,2	25,0	60,0
N° 50	0,30	501,00	34,82	85,58	14,4	10,0	30,0
N° 100	0,15	135,82	9,44	95,02	5,0	2,0	10,0
FONDO		71,67	100,00	0,00	0,0		
TOTAL		1438,87					
MODULO DE FINURA				2,86			
							
Tesisistas			Laboratorista		Director de laboratorio		
Catuto Flores Kerlly Vera Del Pezo Gabriela			Roger Magallanes		Ing. Nestor Orrala		

ANEXO 3

PESO VOLUMETRICO SUELTO Y DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMETE SECA DEL AGREGADO FINO

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																									
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1																									
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO -ARENA																										
PESO VOLUMETRICO SUELTO																										
<table border="1"><thead><tr><th>ITEM</th><th>VALOR</th><th>UNIDAD</th></tr></thead><tbody><tr><td>VOLUMEN</td><td>0,00281</td><td>m³</td></tr><tr><td>P.V.S + R</td><td>8,04</td><td>Kg</td></tr><tr><td>RECIPIENTE</td><td>4,42</td><td>Kg</td></tr><tr><td>PESO DEL MATERIAL</td><td>3,62</td><td>Kg</td></tr><tr><td>PVS</td><td>1288,26</td><td>Kg/m³</td></tr></tbody></table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	VOLUMEN	0,00281	m ³	P.V.S + R	8,04	Kg	RECIPIENTE	4,42	Kg	PESO DEL MATERIAL	3,62	Kg	PVS	1288,26	Kg/m ³						
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
VOLUMEN	0,00281	m ³																								
P.V.S + R	8,04	Kg																								
RECIPIENTE	4,42	Kg																								
PESO DEL MATERIAL	3,62	Kg																								
PVS	1288,26	Kg/m ³																								
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA																										
<table border="1"><thead><tr><th>ITEM</th><th>VALOR</th><th>UNIDAD</th></tr></thead><tbody><tr><td>P.S.S.S.</td><td>500</td><td>cm³</td></tr><tr><td>LECTURA INICIAL</td><td>200</td><td>gr</td></tr><tr><td>LECTURA FINAL</td><td>395</td><td>gr</td></tr><tr><td>W(DESALOJADO)</td><td>195</td><td>gr</td></tr><tr><td>VOLUMEN</td><td>195</td><td>Kg/m³</td></tr><tr><td>D.S.S.S</td><td>2,56</td><td>gr/cm³</td></tr><tr><td>D.S.S.S</td><td>2564,10</td><td>Kg/m³</td></tr></tbody></table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	P.S.S.S.	500	cm ³	LECTURA INICIAL	200	gr	LECTURA FINAL	395	gr	W(DESALOJADO)	195	gr	VOLUMEN	195	Kg/m ³	D.S.S.S	2,56	gr/cm ³	D.S.S.S	2564,10	Kg/m ³
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
P.S.S.S.	500	cm ³																								
LECTURA INICIAL	200	gr																								
LECTURA FINAL	395	gr																								
W(DESALOJADO)	195	gr																								
VOLUMEN	195	Kg/m ³																								
D.S.S.S	2,56	gr/cm ³																								
D.S.S.S	2564,10	Kg/m ³																								
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN		REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA																								

ANEXO 4

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																									
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI																									
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO - ARENA																										
HUMEDAD																										
<table border="1" data-bbox="578 730 1159 1031"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td>P</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W RECIPIENTE</td> <td>164,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA + R</td> <td>2185,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td>2072,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td>113,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td>1908,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD</td> <td>5,92</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	P		W RECIPIENTE	164,00	gr	W ARENA + R	2185,00	gr	W ARENA SECA + R	2072,00	gr	W AGUA	113,00	gr	W ARENA SECA + R	1908,00	gr	HUMEDAD	5,92	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	P																									
W RECIPIENTE	164,00	gr																								
W ARENA + R	2185,00	gr																								
W ARENA SECA + R	2072,00	gr																								
W AGUA	113,00	gr																								
W ARENA SECA + R	1908,00	gr																								
HUMEDAD	5,92	%																								
% ABSORCIÓN																										
<table border="1" data-bbox="578 1182 1159 1482"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td>CH</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W RECIPIENTE</td> <td>43,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SATURADA</td> <td>363,35</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA + R</td> <td>358,37</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td>4,98</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W ARENA SECA</td> <td>315,37</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>% ABSORCIÓN</td> <td>1,58</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	CH		W RECIPIENTE	43,00	gr	W ARENA SATURADA	363,35	gr	W ARENA SECA + R	358,37	gr	W AGUA	4,98	gr	W ARENA SECA	315,37	gr	% ABSORCIÓN	1,58	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	CH																									
W RECIPIENTE	43,00	gr																								
W ARENA SATURADA	363,35	gr																								
W ARENA SECA + R	358,37	gr																								
W AGUA	4,98	gr																								
W ARENA SECA	315,37	gr																								
% ABSORCIÓN	1,58	%																								
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN		REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA																								

ANEXO 5

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y VARILLADO, Y DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DEL AGREGADO GRUESO

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																								
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1																								
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO - PIEDRA 3/4																									
PESO VOLUMETRICICO SUELTO																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td style="text-align: right;">0,009736876</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>P.V.S + R</td> <td style="text-align: right;">24,12</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td style="text-align: right;">10,99</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MATERIAL</td> <td style="text-align: right;">13,13</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>PVS</td> <td style="text-align: right;">1348,48</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>	ITEM	VALOR	UNIDAD	VOLUMEN	0,009736876	m ³	P.V.S + R	24,12	Kg	RECIPIENTE	10,99	Kg	PESO DEL MATERIAL	13,13	Kg	PVS	1348,48	Kg/m ³						
ITEM	VALOR	UNIDAD																							
VOLUMEN	0,009736876	m ³																							
P.V.S + R	24,12	Kg																							
RECIPIENTE	10,99	Kg																							
PESO DEL MATERIAL	13,13	Kg																							
PVS	1348,48	Kg/m ³																							
PESO VOLUMETRICICO VARILLADO																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VOLUMEN</td> <td style="text-align: right;">0,009736876</td> <td>m³</td> </tr> <tr> <td>P.V.V + R</td> <td style="text-align: right;">25,26</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>RECIPIENTE</td> <td style="text-align: right;">10,99</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL MATERIAL</td> <td style="text-align: right;">14,27</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>P.V.V</td> <td style="text-align: right;">1465,56</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>	ITEM	VALOR	UNIDAD	VOLUMEN	0,009736876	m ³	P.V.V + R	25,26	Kg	RECIPIENTE	10,99	Kg	PESO DEL MATERIAL	14,27	Kg	P.V.V	1465,56	Kg/m ³						
ITEM	VALOR	UNIDAD																							
VOLUMEN	0,009736876	m ³																							
P.V.V + R	25,26	Kg																							
RECIPIENTE	10,99	Kg																							
PESO DEL MATERIAL	14,27	Kg																							
P.V.V	1465,56	Kg/m ³																							
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>VALOR</th> <th>UNIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.S.S.S</td> <td style="text-align: right;">2000,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W (canastilla sumergida)</td> <td style="text-align: right;">1051,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W (canastilla sumergida+ material)</td> <td style="text-align: right;">2285,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>W (consumer+mat)-W(can sumer)</td> <td style="text-align: right;">1234,00</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td style="text-align: right;">766,00</td> <td>Kg/m³</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">D.S.S.S</td> <td style="text-align: right;">2,61</td> <td>gr/cm³</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">2610,97</td> <td>Kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>	ITEM	VALOR	UNIDAD	P.S.S.S	2000,00	gr	W (canastilla sumergida)	1051,00	gr	W (canastilla sumergida+ material)	2285,00	gr	W (consumer+mat)-W(can sumer)	1234,00	gr	Volumen	766,00	Kg/m ³	D.S.S.S	2,61	gr/cm ³	2610,97	Kg/m ³	
ITEM	VALOR	UNIDAD																							
P.S.S.S	2000,00	gr																							
W (canastilla sumergida)	1051,00	gr																							
W (canastilla sumergida+ material)	2285,00	gr																							
W (consumer+mat)-W(can sumer)	1234,00	gr																							
Volumen	766,00	Kg/m ³																							
D.S.S.S	2,61	gr/cm ³																							
	2610,97	Kg/m ³																							
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN		REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA																							

ANEXO 6

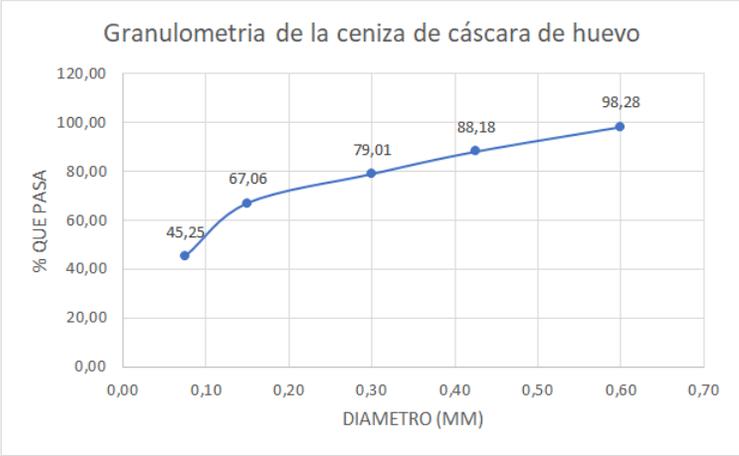
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																									
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI																									
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO -ARENA																										
HUMEDAD																										
<table border="1"><thead><tr><th>ITEM</th><th>VALOR</th><th>UNIDAD</th></tr></thead><tbody><tr><td>RECIPIENTE</td><td>CH</td><td></td></tr><tr><td>W RECIPIENTE</td><td>54,60</td><td>gr</td></tr><tr><td>W ARENA + R</td><td>883,90</td><td>gr</td></tr><tr><td>W ARENA SECA + R</td><td>881,00</td><td>gr</td></tr><tr><td>W AGUA</td><td>2,90</td><td>gr</td></tr><tr><td>W ARENA SECA + R</td><td>826,40</td><td>gr</td></tr><tr><td>HUMEDAD</td><td>0,35</td><td>%</td></tr></tbody></table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	CH		W RECIPIENTE	54,60	gr	W ARENA + R	883,90	gr	W ARENA SECA + R	881,00	gr	W AGUA	2,90	gr	W ARENA SECA + R	826,40	gr	HUMEDAD	0,35	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	CH																									
W RECIPIENTE	54,60	gr																								
W ARENA + R	883,90	gr																								
W ARENA SECA + R	881,00	gr																								
W AGUA	2,90	gr																								
W ARENA SECA + R	826,40	gr																								
HUMEDAD	0,35	%																								
% ABSORCIÓN																										
<table border="1"><thead><tr><th>ITEM</th><th>VALOR</th><th>UNIDAD</th></tr></thead><tbody><tr><td>RECIPIENTE</td><td>MT</td><td></td></tr><tr><td>W RECIPIENTE</td><td>45,54</td><td>gr</td></tr><tr><td>W ARENA SATURADA</td><td>2184,85</td><td>gr</td></tr><tr><td>W ARENA SECA + R</td><td>2134,85</td><td>gr</td></tr><tr><td>W AGUA</td><td>50,00</td><td>gr</td></tr><tr><td>W ARENA SECA</td><td>2089,31</td><td>gr</td></tr><tr><td>% ABSORCIÓN</td><td>2,39</td><td>%</td></tr></tbody></table>			ITEM	VALOR	UNIDAD	RECIPIENTE	MT		W RECIPIENTE	45,54	gr	W ARENA SATURADA	2184,85	gr	W ARENA SECA + R	2134,85	gr	W AGUA	50,00	gr	W ARENA SECA	2089,31	gr	% ABSORCIÓN	2,39	%
ITEM	VALOR	UNIDAD																								
RECIPIENTE	MT																									
W RECIPIENTE	45,54	gr																								
W ARENA SATURADA	2184,85	gr																								
W ARENA SECA + R	2134,85	gr																								
W AGUA	50,00	gr																								
W ARENA SECA	2089,31	gr																								
% ABSORCIÓN	2,39	%																								
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN		REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA																								

ANEXO 7

GRANULOMETRÍA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE HUEVO

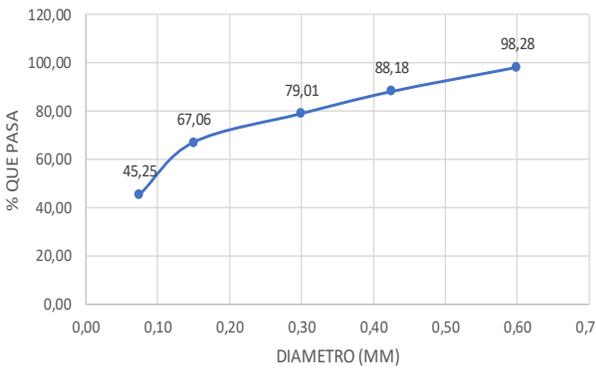
		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA:		INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1			
CENIZA DE CÁSCARA DE HUEVO					
TAMIZ	DIÁMETRO	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACU	% QUE PASA
N° 30	0,60	5,03	1,72	1,72	98,28
N° 40	0,43	29,58	10,11	11,82	88,18
N° 50	0,30	26,82	9,16	20,99	79,01
N° 100	0,15	34,98	11,95	32,94	67,06
N° 200	0,08	63,84	21,81	54,75	45,25
FONDO		132,46	45,25	100,00	0,00
TOTAL		292,71			



Tesistas	Laboratorista	Director de laboratorio
Catuto Flores Kerlly Vera Del Pezo Gabriela	Roger Magallanes	Ing. Nestor Orrala

ANEXO 8

GRANULOMETRÍA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE PAPA

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																																																	
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1																																																	
CENIZA DE CÁSCARA DE PÁPA																																																		
<table border="1" data-bbox="505 636 1240 877" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>DIÁMETRO</th> <th>W PARCIAL</th> <th>% RETENIDO</th> <th>% RETENIDO ACU</th> <th>% QUE PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° 30</td> <td>0,60</td> <td>29,58</td> <td>10,11</td> <td>10,11</td> <td>89,89</td> </tr> <tr> <td>N° 40</td> <td>0,43</td> <td>14,91</td> <td>5,09</td> <td>15,20</td> <td>84,80</td> </tr> <tr> <td>N° 50</td> <td>0,30</td> <td>2,88</td> <td>0,98</td> <td>16,18</td> <td>83,82</td> </tr> <tr> <td>N° 100</td> <td>0,15</td> <td>145,52</td> <td>49,71</td> <td>65,90</td> <td>34,10</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>0,08</td> <td>10,63</td> <td>3,63</td> <td>69,53</td> <td>30,47</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">FONDO</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>69,53</td> <td>30,47</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL</td> <td>203,52</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="550 921 1195 1373" style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Granulometría de la ceniza de cáscara de papa</p> </div>			TAMIZ	DIÁMETRO	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACU	% QUE PASA	N° 30	0,60	29,58	10,11	10,11	89,89	N° 40	0,43	14,91	5,09	15,20	84,80	N° 50	0,30	2,88	0,98	16,18	83,82	N° 100	0,15	145,52	49,71	65,90	34,10	N° 200	0,08	10,63	3,63	69,53	30,47	FONDO		0,00	0,00	69,53	30,47	TOTAL		203,52			
TAMIZ	DIÁMETRO	W PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACU	% QUE PASA																																													
N° 30	0,60	29,58	10,11	10,11	89,89																																													
N° 40	0,43	14,91	5,09	15,20	84,80																																													
N° 50	0,30	2,88	0,98	16,18	83,82																																													
N° 100	0,15	145,52	49,71	65,90	34,10																																													
N° 200	0,08	10,63	3,63	69,53	30,47																																													
FONDO		0,00	0,00	69,53	30,47																																													
TOTAL		203,52																																																
Tesistas Catuto Flores Kerlly Vera Del Pezo Gabriela	Laboratorista Roger Magallanes	Director de laboratorio Ing. Nestor Orrala																																																

ANEXO 9

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA CENIZAS DE CÁSCARA DE HUEVO Y CENIZA DE CÁSCARA DE PAPA

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1		
GRAVEDAD ESPECIFICA			
CENIZA DE CCH			
1	PESO DE MUESTRA SECA	200	
2	PESO DE MATRAZ + AGUA	654,6	
3	PESO DE MATRAZ + AGUA + MUESTRA SECA	768,4	
4	TEMPERATURA	29,1	
5	FACTOR K	0,99771	
Gs	2,31	DENSIDAD Kg/m ³	2315
CENIZA DE CCP			
1	PESO DE MUESTRA SECA	160,02	
2	PESO DE MATRAZ + AGUA	638,9	
3	PESO DE MATRAZ + AGUA + MUESTRA SECA	733	
4	TEMPERATURA	27,1	
5	FACTOR K	0,99828	
Gs	2,42	DENSIDAD Kg/m ³	2423
Tesisistas Catuto Flores Kerlly Vera Del Pezo Gabriela	Laboratorista Roger Magallanes	Director de laboratorio Ing. Nestor Orrala	

ANEXO 10

DISEÑO DE LA MEZCLA PATRÓN (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA				
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1				
MEZCLA PATRÓN (HORMIGÓN $f'c$ 220 kg/cm ²)					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)	
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Zapatatas lisas, columnas vigas, losas	
Revenimiento					
Tamaño máximo nominal del agr.	3/4"	Aire incorporado		NO	
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES	
Modulo de finura	2,86	P.V.V (Kg/m ³)	1465,56	Cemento	3150 kg/cm ³
D.S.S.S	2564,10 Kg/cm ³	D.S.S.S	2610,97	Agua	1000 kg/cm ³
% Absorción	1,58 %	% Absorción	2,39	Agr. Fino	2564,10 kg/cm ³
% Humedad	5,92 %	% Humedad	0,35	Agr. Grueso	2610,97 kg/cm ³
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M ³ DE HORMIGÓN					
CANTIDAD DE AGUA (1L/M ³)			CANTIDAD DE CEMENTO		
Volumen de agua tabulado	193		Cemento	361,15	
Volumen corregido	m ³		Relación A/C	0,53	
Cantidad de agr. Grueso (m ³) por vol. Unitario del concreto			AIRE ATRAPADO (%)		
Volumen de Agr. Grueso	0,66		Contenido	0,015	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M ³ DE HORMIGON					
DOSIFICACIÓN			DOSIFICACIÓN CORREGIDA		
COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg	COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg
AGUA	0,193	193	AGUA	0,178	178,45
CEMENTO	0,115	361	CEMENTO	0,115	361,15
CENIZA	0,000	0	CENIZA	0,000	0,00
GRAVA	0,373	973	GRAVA	0,374	976,55
ARENA	0,305	781	ARENA	0,323	827,39
Aire	0,015	0	Aire	0,015	0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGON					
DATOS DE PROBETA		UNIDAD	DOSIFICACIÓN REQUERIDA		
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m ³	COMPONENTE	CANTIDAD	U
Desperdicio 15%	0,15	m ³	AGUA	9,02	Kg
Vol Total	0,050551858	m ³	CEMENTO	18,26	Kg
			GRAVA	49,37	Kg
			ARENA	41,83	Lt
			Aire	0	
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN			REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA		

ANEXO 11

DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 1% DE CCH)

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:		INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM2 APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1					
DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 1% DE CCH)							
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS							
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)			
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Zapatatas lisas, columnas vigas, losas			
Revenimiento							
Tamaño máximo nominal del agr.	3/4"	Aire incorporado		NO			
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO				AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES	
Modulo de finura	2,86	P.V.V (Kg/m ³)		1465,56	Cemento	3150	kg/cm ³
D.S.S.S	2564,10	Kg/cm ³		2610,97	Agua	1000	kg/cm ³
% Absorción	1,58	%		2,39	Agr. Fino	2564,10	kg/cm ³
% Humedad	5,92	%		0,35	Agr. Grueso	2610,97	kg/cm ³
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN							
CANTIDAD DE AGUA (1L/M3)				CANTIDAD DE CEMENTO			
Volumen de agua tabulado		193		Cemento		361,15	
Volumen corregido		m ³		Relación A/C		0,53	
Cantidad de agr. Grueso (m ³) por vol. Unitario del concreto				AIRE ATRAPADO (%)			
Volumen de Agr. Grueso		0,66		Contenido		0,015	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN							
DOSIFICACIÓN				DOSIFICACIÓN CORREGIDA			
COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg		COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg	
AGUA	0,193	193		AGUA	0,178	178,49	
CEMENTO	0,114	358		CEMENTO	0,114	357,54	
CENIZA	0,002	4		CENIZA	0,002	3,58	
GRAVA	0,373	973		GRAVA	0,374	976,55	
ARENA	0,304	780		ARENA	0,322	826,30	
Aire	0,015	0		Aire	0,015	0	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGÓN							
DATOS DE PROBETA		UNIDAD		DOSIFICACIÓN REQUERIDA			
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m ³		COMPONENTE	CANTIDAD	U	
Desperdicio 15%	0,15	m ³		AGUA	9,02	Kg	
Vol Total	0,050551858	m ³		CEMENTO	18,07	Kg	
				CENIZA	0,18		
				GRAVA	49,37	Kg	
				ARENA	41,77	Lt	
				Aire	0		
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN				REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA			

ANEXO 12

DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 3% DE CCH

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM2 APLICANDO EL CÓDIGO ACI				
DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 3% DE CCH)					
ESPECIFICACIONES TECNICAS					
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)	
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Zapatatas lisas, columnas vigas, losas	
Revenimiento					
Tamaño maximo nominal del agr.	3/4"	Aire incorporado		NO	
CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES	
Modulo de finura	2,86	P.V.V (Kg/m ³)	1465,56	Cemento	3150 kg/cm ³
D.S.S.S	2564,10 Kg/cm ³	D.S.S.S	2610,97	Agua	1000 kg/cm ³
% Absorción	1,58 %	% Absorción	2,39	Agr. Fino	2564,10 kg/cm ³
% Humedad	5,92 %	% Humedad	0,35	Agr. Grueso	2610,97 kg/cm ³
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN					
CANTIDAD DE AGUA (1L/M3)			CANTIDAD DE CEMENTO		
Volumen de agua tabulado	193		Cemento	361,15	
Volumen corregido	m3		Relación A/C	0,53	
Cantidad de agr. Grueso (m3) por vol. Unitario del concreto	AIRE ATRAPADO (%)				
Volumen de Agr. Grueso	0,66		Contenido	0,015	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON					
DOSIFICACIÓN			DOSIFICACIÓN CORREGIDA		
COMPONENTE	Vol(m3)	Peso Kg	COMPONENTE	Vol(m3)	Peso Kg
AGUA	0,193	193	AGUA	0,179	178,59
CEMENTO	0,111	350	CEMENTO	0,111	350,32
CENIZA	0,005	11	CENIZA	0,005	10,83
GRAVA	0,373	973	GRAVA	0,374	976,55
ARENA	0,303	778	ARENA	0,321	824,02
Aire	0,015	0	Aire	0,015	0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGON					
DATOS DE PROBETA		UNIDAD	DOSIFICACIÓN REQUERIDA		
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m3	COMPONENTE	CANTIDAD	U
Desperdicio 15%	0,15	m3	AGUA	9,03	Kg
Vol Total	0,050551858	m3	CEMENTO	17,71	Kg
			CENIZA	0,55	
			GRAVA	49,37	Kg
			ARENA	41,66	Lt
			Aire	0	
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN			REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA		

ANEXO 13

DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 5% DE CCH

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:		INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM2					
DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 5% DE CCH)							
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS							
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)			
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Zapatatas lisas, columnas vigas, losas			
Revenimiento		Aire incorporado		NO			
maño máximo nominal del a	3/4"						
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES			
Modulo de fir	2,86	P.V.V (Kg/m3)	1465,56	Cemento	3150	kg/cm ³	
D.S.S.S	2564,10	Kg/cm ³	2610,97	Agua	1000	kg/cm ³	
% Absorción	1,58	%	2,39	Agr. Fino	2564,10	kg/cm ³	
% Humedad	5,92	%	0,35	Agr. Grueso	2610,97	kg/cm ³	
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN							
CANTIDAD DE AGUA (1L/M3)				CANTIDAD DE CEMENTO			
Volumen de agua tabulado	193		Cemento		361,15		
Volumen corregido	m ³		Relación A/C		0,53		
Cantidad de agr. Grueso (m3) por vol. Unitario del concret			AIRE ATRAPADO (%)				
Volumen de Agr. Grueso	0,66		Contenido		0,015		
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON							
DOSIFICACIÓN			DOSIFICACIÓN CORREGIDA				
COMPONENTE	Vol(m3)	Peso Kg	COMPONENTE	Vol(m3)	Peso Kg		
AGUA	0,193	193,000	AGUA	0,179	178,64		
CEMENTO	0,109	343,095	CEMENTO	0,109	343,10		
CENIZA	0,007	17,155	CENIZA	0,007	17,15		
GRAVA	0,373	973,133	GRAVA	0,374	976,55		
ARENA	0,303	776,821	ARENA	0,321	822,83		
Aire	0,015	0,015	Aire	0,015	0		
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGON							
DATOS DE PROBETA		UNIDAD	DOSIFICACIÓN REQUERIDA				
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m ³	COMPONENTE	CANTIDAD	U		
Desperdicio 15%	0,15	m ³	AGUA	9,03	Kg		
Vol Total	0,05055186	m ³	CEMENTO	17,34	Kg		
			CENIZA	0,87	Kg		
			GRAVA	49,37	Kg		
			ARENA	41,60	Lt		
			Aire	0			
ELABORADO POR:				REVISADO POR:			
CATUTO FLORES KERLLY BELEN				ING. RAUL VILLAO VERA			
VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN							

ANEXO 14

DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 1% DE CCP

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA				
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM2 APLICANDO EL				
DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 1% DE CCP)					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)	
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Zapatatas lisas, columnas vigas, losas	
Revenimiento		Aire incorporado		NO	
maño máximo nominal del a	3/4"				
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES	
Modulo de fir	2,86	P.V.V (Kg/m ³)	1465,56	Cemento	3150 kg/cm ³
D.S.S.S	2564,10 Kg/cm ³	D.S.S.S	2610,97	Agua	1000 kg/cm ³
% Absorción	1,58 %	% Absorción	2,39	Agr. Fino	2564,10 kg/cm ³
% Humedad	5,92 %	% Humedad	0,35	Agr. Grueso	2610,97 kg/cm ³
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN					
CANTIDAD DE AGUA (1L/M3)			CANTIDAD DE CEMENTO		
Volumen de agua tabulado	193		Cemento	361,15	
Volumen corregido	m ³		Relación A/C	0,53	
Cantidad de agr. Grueso (m ³) por vol. Unitario del concret	AIRE ATRAPADO (%)				
Volumen de Agr. Grueso	0,66		Contenido	0,015	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN					
DOSIFICACIÓN			DOSIFICACIÓN CORREGIDA		
COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg	COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg
AGUA	0,193	193	AGUA	0,178	178,49
CEMENTO	0,114	350	CEMENTO	0,114	357,54
CENIZA	0,001	11	CENIZA	0,001	3,58
GRAVA	0,373	973	GRAVA	0,374	976,55
ARENA	0,304	778	ARENA	0,322	826,49
Aire	0,015	0	Aire	0,015	0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGÓN					
DATOS DE PROBETA		UNIDAD	DOSIFICACIÓN REQUERIDA		
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m ³	COMPONENTE	CANTIDAD	U
Desperdicio 15%	0,15	m ³	AGUA	9,02	Kg
Vol Total	0,05055186	m ³	CEMENTO	18,07	Kg
			CENIZA	0,18	Kg
			GRAVA	49,37	Kg
			ARENA	41,78	Lt
			Aire	0	
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN			REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA		

ANEXO 15

DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 3% DE CCP)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA				
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA					
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220 KG/CM ² APLICANDO EL CÓDIGO				
DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 3% DE CCP)					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO		USO GENERAL (GU)	
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Zapatatas lisas, columnas vigas, losas	
Revenimiento		Aire incorporado		NO	
Tamaño máximo nominal del agr.	3/4"				
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES	
Modulo de finura	2,86	P.V.V (Kg/m ³)	1465,56	Cemento	3150 kg/cm ³
D.S.S.S	2564,10 Kg/cm ³	D.S.S.S	2610,97	Agua	1000 kg/cm ³
% Absorción	1,58 %	% Absorción	2,39	Agr. Fino	2564,10 kg/cm ³
% Humedad	5,92 %	% Humedad	0,35	Agr. Grueso	2610,97 kg/cm ³
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN					
CANTIDAD DE AGUA (1L/M3)			CANTIDAD DE CEMENTO		
Volumen de agua tabulado		193		Cemento	
Volumen corregido		m3		Relación A/C	
Cantidad de agr. Grueso (m3) por vol. Unitario del concreto		AIRE ATRAPADO (%)			
Volumen de Agr. Grueso		0,66		Contenido	
				0,015	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGON					
DOSIFICACIÓN			DOSIFICACIÓN CORREGIDA		
COMPONENTE	Vol(m3)	Peso Kg	COMPONENTE	Vol(m3)	Peso Kg
AGUA	0,193	193	AGUA	0,179	178,49
CEMENTO	0,111	350	CEMENTO	0,111	350,32
CENIZA	0,004	11	CENIZA	0,004	10,51
GRAVA	0,373	973	GRAVA	0,374	976,55
ARENA	0,304	779	ARENA	0,322	824,95
Aire	0,015	0	Aire	0,015	0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGON					
DATOS DE PROBETA		UNIDAD	DOSIFICACIÓN REQUERIDA		
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m3	COMPONENTE	CANTIDAD	U
Desperdicio 15%	0,15	m3	AGUA	9,03	Kg
Vol Total	0,05055186	m3	CEMENTO	17,71	Kg
			CENIZA	0,53	
			GRAVA	49,37	Kg
			ARENA	41,70	Lt
			Aire	0	
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN			REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA		

ANEXO 16

DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 5% DE CCP)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA				
	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA				
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA:	INFLUENCIA DE LAS CENIZAS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 220				
DISEÑO DE LA MEZCLA (HORMIGÓN $f'c=220 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE 5% DE CCP)					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
$f'c=$	220 Kg/cm ²	TIPO DE CEMENTO	USO GENERAL (GU)		
$f'c=$	304 Kg/cm ²	ELEMENTOS DE APLICACIÓN	Zapatillas lisas, columnas vigas, losas		
Revenimiento		Aire incorporado	NO		
Tamaño máximo nominal del agr.	3/4"				
CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		DENSIDAD DE COMPONENTES	
Modulo de finura	2,86	P.V.V (Kg/m ³)	1465,56	Cemento	3150 kg/cm ³
D.S.S.S	2564,10 Kg/cm ³	D.S.S.S	2610,97	Agua	1000 kg/cm ³
% Absorción	1,58 %	% Absorción	2,39	Agr. Fino	2564,10 kg/cm ³
% Humedad	5,92 %	% Humedad	0,35	Agr. Grueso	2610,97 kg/cm ³
CANTIDAD DE LOS RESPECTIVOS COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN					
CANTIDAD DE AGUA (1L/M3)			CANTIDAD DE CEMENTO		
Volumen de agua tabulado	193		Cemento	361,15	
Volumen corregido	m ³		Relación A/C	0,53	
Cantidad de agr. Grueso (m ³) por vol. Unitario del concreto			AIRE ATRAPADO (%)		
Volumen de Agr. Grueso	0,66		Contenido	0,015	
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA 1M3 DE HORMIGÓN					
DOSIFICACIÓN			DOSIFICACIÓN CORREGIDA		
COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg	COMPONENTE	Vol(m ³)	Peso Kg
AGUA	0,193	193	AGUA	0,179	178,60
CEMENTO	0,109	343	CEMENTO	0,109	343,10
CENIZA	0,007	17	CENIZA	0,007	17,15
GRAVA	0,373	973	GRAVA	0,374	976,55
ARENA	0,303	778	ARENA	0,321	823,73
Aire	0,015	0	Aire	0,015	0
VOLUMEN DE COMPONENTES PARA MUESTRA DE HORMIGÓN					
DATOS DE PROBETA		UNIDAD	DOSIFICACIÓN REQUERIDA		
Vol. 8 cilindros	0,04241106	m ³	COMPONENTE	CANTIDAD	U
Desperdicio 15%	0,15	m ³	AGUA	9,03	Kg
Vol Total	0,05055186	m ³	CEMENTO	17,34	Kg
			CENIZA	0,87	
			GRAVA	49,37	Kg
			ARENA	41,64	Lt
			Aire	0	
ELABORADO POR: CATUTO FLORES KERLLY BELEN VERA DEL PEZO GABRIELA ARLHIN			REVISADO POR: ING. RAUL VILLAO VERA		

ANEXO 17

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN MUESTRA PATRÓN

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
PATRON	CL-RV-B1	1	23/4/2025	15,21	15,22	15,18	15,08	15,17	30,04	180,83	12,70	5432,02
	CL-RV-B2	2	23/4/2025	15,12	15,28	15,21	15,20	15,20	29,01	181,54	12,67	5266,53
	CL-RV-B3	3	23/4/2025	15,05	15,15	15,05	15,26	15,13	29,97	179,73	12,84	5386,55
	CL-RV-B4	4	23/4/2025	15,22	15,23	15,17	15,21	15,21	30,02	181,67	12,93	5454,56
	CL-RV-B5	5	23/4/2025	15,30	15,23	15,28	15,06	15,22	30,06	181,84	12,92	5466,13
	CL-RV-B6	6	23/4/2025	15,11	15,23	15,08	15,12	15,13	29,95	179,89	12,73	5387,95
	CL-RV-B7	7	23/4/2025	15,20	15,15	15,18	15,18	15,18	30,02	180,98	12,92	5433,06
	CL-RV-B8	8	23/4/2025	15,16	15,14	15,17	15,05	15,13	29,84	179,79	12,66	5364,24

FECHA DE ROTURA	ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
	EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
21/11/1914	7	290,00	163,54	16,04	65,00	143,00	75,36	165,80	10,363
8/6/1914	7	299,20	168,06	16,48					
13/10/1914	14	348,10	197,50	19,37	90,00	198,00	84,02	184,85	-5,977
20/12/1914	14	306,80	172,20	16,89					
8/1/1915	21	342,40	192,01	18,83	95,00	209,00	89,49	196,88	-5,510
21/10/1914	21	355,90	201,75	19,78					
13/12/1914	28	406,40	228,98	22,46	100,00	220,00	100,24	220,52	0,238
5/10/1914	28	373,90	212,06	20,80					

ANEXO 18

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN CON 1% DE CCH

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
CCH 1%	CL-RV-B9	9	23/4/2025	15,24	15,38	15,27	15,19	15,27	29,89	183,13	12,92	5474,23
	CL-RV-B10	10	23/4/2025	15,23	15,18	15,18	15,13	15,18	30,17	180,98	13,02	5459,84
	CL-RV-B11	11	23/4/2025	15,22	15,07	15,20	15,26	15,19	29,97	181,15	12,93	5429,01
	CL-RV-B12	12	23/4/2025	15,34	15,22	15,25	15,30	15,28	29,94	183,30	13,17	5488,05
	CL-RV-B13	13	23/4/2025	15,20	15,19	15,23	15,25	15,22	29,72	181,86	13,00	5405,01
	CL-RV-B14	14	23/4/2025	15,21	15,12	15,15	15,08	15,14	29,85	180,06	12,82	5375,28
	CL-RV-B15	15	23/4/2025	15,14	15,15	15,25	15,15	15,17	29,89	180,79	12,96	5403,10
	CL-RV-B16	16	23/4/2025	14,98	15,04	14,95	15,03	15,00	30,04	176,74	12,51	5308,86

FECHA DE ROTURA	ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
	EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
2/1/1915	7	276,50	153,96	15,10	65,00	143,00	72,29	159,04	7,293
18/12/1914	7	291,30	164,13	16,10					
25/11/1914	14	447,50	251,91	24,70	90,00	198,00	115,22	253,49	25,221
23/1/1915	14	458,50	255,07	25,01					
8/11/1914	21	489,10	274,24	26,89	95,00	209,00	129,31	284,47	34,306
9/10/1914	21	520,40	294,71	28,90					
13/11/1914	28	484,80	273,44	26,82	100,00	220,00	124,54	273,98	24,537
10/8/1914	28	475,80	274,52	26,92					

ANEXO 19

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN CON 3% DE CCH

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
CCH 3%	CL-RV-B17	17	23/4/2025	15,11	15,15	15,16	15,05	15,12	29,94	179,48	12,80	5374,05
	CL-RV-B18	18	23/4/2025	15,01	15,09	15,05	15,19	15,08	29,98	178,68	12,70	5356,70
	CL-RV-B19	19	23/4/2025	15,16	15,25	15,21	15,12	15,18	29,93	181,09	12,82	5420,34
	CL-RV-B20	20	23/4/2025	15,11	15,14	15,15	15,09	15,12	29,75	179,61	12,60	5343,12
	CL-RV-B21	21	23/4/2025	15,13	15,08	15,12	15,13	15,12	30,32	179,49	12,84	5442,26
	CL-RV-B22	22	23/4/2025	15,18	15,27	15,13	15,12	15,17	29,94	180,85	12,82	5414,65
	CL-RV-B23	23	23/4/2025	15,16	15,22	15,21	15,08	15,17	29,96	180,72	13,08	5414,70
	CL-RV-B24	24	23/4/2025	15,15	15,15	15,17	15,18	15,16	30,08	180,58	12,94	5432,09

FECHA DE ROTURA	ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
	EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
24/9/1914	7	258,60	146,92	14,41	65,00	143,00	64,25	141,35	-0,751
6/9/1914	7	237,90	135,77	13,31					
16/11/1914	14	414,00	233,12	22,86	90,00	198,00	104,16	229,14	14,156
31/8/1914	14	396,60	225,16	22,08					
15/12/1914	21	464,30	263,77	25,87	95,00	209,00	119,19	262,22	24,190
17/11/1914	21	462,30	260,67	25,56					
24/11/1914	28	463,00	261,25	25,62	100,00	220,00	120,39	264,85	20,388
12/12/1914	28	475,40	268,46	26,33					

ANEXO 20

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN CON 5% DE CCH

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
CCH 5%	CL-RV-B25	25	23/4/2025	15,38	15,16	15,16	15,29	15,25	29,98	182,56	12,84	5472,37
	CL-RV-B26	26	23/4/2025	15,12	15,26	15,15	15,20	15,18	29,99	181,08	12,78	5430,49
	CL-RV-B27	27	23/4/2025	15,10	15,19	15,20	15,26	15,19	29,71	181,10	12,72	5379,77
	CL-RV-B28	28	23/4/2025	15,29	15,18	15,20	15,15	15,21	30,02	181,58	12,84	5450,97
	CL-RV-B29	29	23/4/2025	15,21	15,13	15,07	15,22	15,16	30,05	180,46	12,67	5422,73
	CL-RV-B30	30	23/4/2025	15,22	15,21	15,15	15,22	15,20	30,10	181,45	12,73	5462,26
	CL-RV-B31	31	23/4/2025	15,24	15,04	15,00	15,16	15,11	29,96	179,29	16,67	5371,59
	CL-RV-B32	32	23/4/2025	15,18	15,18	15,23	15,09	15,17	29,99	180,72	12,83	5420,12

FECHA DE ROTURA	ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
	EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
31/12/1914	7	154,90	86,52	8,48	65,00	143,00	41,23	90,71	-23,770
19/11/1914	7	168,50	94,89	9,31					
6/10/1914	14	273,80	154,17	15,12	90,00	198,00	70,84	155,85	-19,161
16/12/1914	14	280,50	157,52	15,45					
25/11/1914	21	289,30	163,48	16,03	95,00	209,00	78,37	172,42	-16,629
4/1/1915	21	322,70	181,36	17,78					
12/10/1914	28	330,20	187,80	18,42	100,00	220,00	86,23	189,71	-13,768
30/11/1914	28	339,60	191,62	18,79					

ANEXO 21

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN CON 1%CCP

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
CCP 1%	CL-RV-B33	33	28/4/2025	15,24	15,31	15,26	15,25	15,27	29,95	183,01	12,90	5481,26
	CL-RV-B34	34	28/4/2025	15,07	15,17	15,16	15,13	15,13	30,01	179,84	12,60	5397,13
	CL-RV-B35	35	28/4/2025	15,16	15,14	15,04	15,07	15,10	29,94	179,12	12,51	5363,22
	CL-RV-B36	36	28/4/2025	15,02	15,05	14,94	15,01	15,01	30,07	176,83	12,40	5317,35
	CL-RV-B37	37	28/4/2025	15,21	15,15	15,09	15,05	15,13	29,88	179,74	12,70	5370,73
	CL-RV-B38	38	28/4/2025	15,28	15,15	15,13	15,06	15,16	30,00	180,41	12,70	5411,56
	CL-RV-B39	39	28/4/2025	15,12	15,22	15,18	15,18	15,18	30,02	180,89	12,76	5430,19
	CL-RV-B40	40	28/4/2025	15,17	15,19	15,17	15,10	15,16	29,84	180,45	12,66	5383,76

FECHA DE ROTURA	ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
	EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
9/1/1915	7	199,50	111,16	10,90	65,00	143,00	51,32	112,90	-13,682
17/10/1914	7	182,20	103,31	10,13					
20/9/1914	14	219,60	125,02	12,26	90,00	198,00	58,73	129,20	-31,273
5/8/1914	14	231,30	133,38	13,08					
4/10/1914	21	263,00	149,20	14,63	95,00	209,00	68,09	149,81	-26,907
14/11/1914	21	266,10	150,41	14,75					
10/12/1914	28	289,10	162,98	15,98	100,00	220,00	76,05	167,30	-23,955
24/10/1914	28	303,70	171,62	16,83					

ANEXO 22

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN CON 3% DE CCP

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
CCP 3%	CL-RV-B41	41	28/4/2025	15,16	15,27	15,25	15,25	15,23	29,98	182,24	12,80	5463,78
	CL-RV-B42	42	28/4/2025	15,24	15,19	15,24	15,23	15,22	29,97	182,01	12,70	5454,78
	CL-RV-B43	43	28/4/2025	15,21	15,31	15,23	15,20	15,24	30,03	182,35	12,69	5476,30
	CL-RV-B44	44	28/4/2025	15,12	15,22	15,27	15,17	15,19	29,84	181,28	12,50	5408,65
	CL-RV-B45	45	28/4/2025	15,17	15,17	15,05	15,14	15,13	30,05	179,85	12,76	5404,50
	CL-RV-B46	46	28/4/2025	15,18	15,14	15,25	15,26	15,21	29,73	181,60	12,62	5398,29
	CL-RV-B47	47	28/4/2025	15,18	15,18	15,19	15,14	15,17	29,96	180,83	12,68	5417,92
	CL-RV-B48	48	28/4/2025	15,20	15,22	15,15	15,19	15,19	30,06	181,16	12,62	5445,31

FECHA DE ROTURA	ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
	EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
22/12/1914	7	219,90	123,05	12,07	65,00	143,00	55,05	121,11	-9,951
13/12/1914	7	212,70	119,17	11,69					
11/1/1915	14	254,30	142,20	13,95	90,00	198,00	69,12	152,07	-20,875
4/11/1914	14	287,90	161,95	15,88					
7/11/1914	21	298,70	169,36	16,61	95,00	209,00	78,34	172,36	-16,655
1/11/1914	21	312,30	175,36	17,20					
27/11/1914	28	320,50	180,74	17,72	100,00	220,00	80,93	178,04	-19,074
25/12/1914	28	311,50	175,34	17,19					

ANEXO 23

CARTERA DE ROTURA DE PROBETAS DE CILINDROS DE HORMIGÓN CON 5% DE CCP

IDENTIFICACION			FECHA DE VACIADO	DIAMETRO DEL CILINDRO				DIAMETRO PROMEDIO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	PESO (KG)	VOLUMEN (CM3)
ID	CODIGO	N°		DIAMETRO SUPERIOR		DIAMETRO INFERIOR						
				D1 (CM)	D2 (CM)	D1 (CM)	D2 (CM)					
CCP 5%	CL-RV-B49	49	28/4/2025	15,24	15,22	15,21	15,23	15,22	29,94	182,01	12,62	5449,32
	CL-RV-B50	50	28/4/2025	15,17	15,19	15,28	15,14	15,19	30,15	181,33	12,62	5467,37
	CL-RV-B51	51	28/4/2025	15,21	15,01	15,07	15,24	15,13	29,97	179,85	12,43	5390,47
	CL-RV-B52	52	28/4/2025	15,25	15,15	15,25	15,21	15,21	29,94	181,78	12,43	5442,52
	CL-RV-B53	53	28/4/2025	15,04	15,02	15,06	15,07	15,05	30,05	177,86	12,56	5345,02
	CL-RV-B54	54	28/4/2025	15,08	15,24	15,23	15,04	15,15	30,22	180,22	12,60	5446,58
	CL-RV-B55	55	28/4/2025	15,20	15,11	15,12	15,17	15,15	30,16	180,27	12,68	5437,56
	CL-RV-B56	56	28/4/2025	15,27	15,11	15,19	15,14	15,18	29,99	180,93	12,70	5425,83

ROTURA				DISEÑO		ROTURA		EFICIENCIA %
EDAD (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (KG/CM2)	RESISTENCIA (MPA)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	%	PROMEDIO (KG/CM2)	
7	219,50	122,98	12,06	65,00	137,00	53,87	118,51	-11,131
7	202,80	114,05	11,18					
14	256,50	145,43	14,26	90,00	189,00	65,17	143,37	-24,833
14	251,90	141,31	13,86					
21	262,30	150,38	14,75	95,00	200,00	68,05	149,71	-26,950
21	263,40	149,04	14,62					
28	334,50	189,22	18,56	100,00	220,00	86,60	190,53	-13,395
28	340,40	191,84	18,81					

ANEXO 24

REPORTE FOTOGÁFICOS



Trituración de las cáscaras de huevo



Calcinación de cáscaras de papa y huevo



Ensayo de granulometría del agregado grueso y fino



Ensayo de granulometría ceniza de cáscara de huevo y papa



Gravedad específica de las cenizas de cáscara de huevo y papa



Ensayo de densidad y absorción del agregado fino



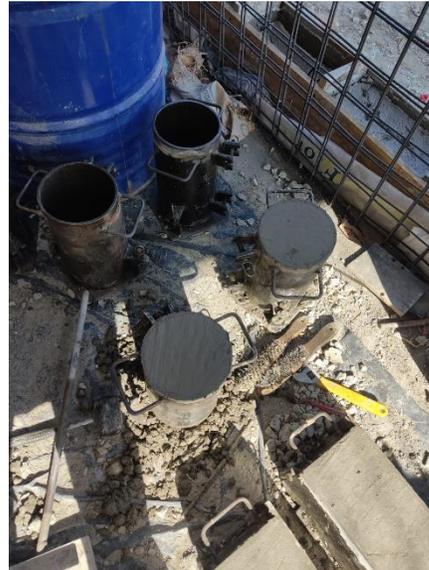
Ensayo de densidad y absorción del agregado grueso



Peso volumétrico varillado del agregado grueso, peso volumétrico suelto del agregado grueso y fino



Ensayo de revenimiento – Cono de Abrams



Elaboración de los cilindros de hormigón



Rotura de cilindros