

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis comparativo de las características de
tracción y compresión de un concreto adicionado
con ceniza de cascarilla de arroz y un concreto
F'C 210 kg/cm²**

Edinsont Yorki Eguiluz Martinez
Edwin Justo Tellez Gonzales

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Dr. Ing. Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Mg. Ing. Felipe Alejandro Núñez Matta
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 10 de Setiembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210KG/CM2"**, perteneciente a los estudiantes **BACH. EDINSONT YORKI EGUILUZ MARTINEZ y BACH. EDWIN JUSTO TELLEZ GONZALES**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 10) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Mg. Ing. Felipe Alejandro Núñez Matta
Asesor de tesis

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, EDINSONT YORKI EGUILUZ MARTINEZ, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 41492222, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210KG/CM2. ", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.



08 de setiembre de 2023.

EDINSONT YORKI EGUILUZ MARTINEZ

DNI. No. 41492222

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, EDWIN JUSTO TELLEZ GONZALES, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 41570001, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210KG/CM2.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

08 de setiembre de 2023.



EDWIN JUSTO TELLEZ GONZALES

DNI. No. 41570001

Cc.
Facultad
Oficina de Grados y Títulos
Interesado(a)

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210KG/CM2

INFORME DE ORIGINALIDAD

19% INDICE DE SIMILITUD	20% FUENTES DE INTERNET	5% PUBLICACIONES	9% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.midagri.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.iccg.org.gt Fuente de Internet	<1 %
11	www.academica.org Fuente de Internet	<1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	Pornkasem Jongpradist, Watee Homtragoon, Raksiri Sukkarak, Warat Kongkitkul, Pitthaya Jamsawang. "Efficiency of Rice Husk Ash as Cementitious Material in High-Strength Cement-Admixed Clay", Advances in Civil Engineering, 2018 Publicación	<1 %
26	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to City University of New York System Trabajo del estudiante	<1 %

AGRADECIMIENTO

A Dios: por brindarme la fortaleza para culminar mi carrera profesional.

A mi madre: Por apoyarme inquebrantablemente a lo largo de mi vida, me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño.

A mí Tía: Que es mi segunda Madre por sus consejos, paciencia y su apoyo incondicional para culminar mis estudios superiores.

A mí hijo: Quien es la razón de mi existencia, ya que sin él no hubiese sido posible levantarme cada día para ser una mejor persona, gracias Dominic, solo tú sabes que basta una sonrisa para alegrar un corazón.

Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

Edinsont Yorki Eguluz Martinez

DEDICATORIA

A mi madre y a mí tía por ser la razón y motivo de seguir a lo largo de mi vida, por el trabajo en equipo y colaboración con los demás, por su enseñanza de perseverancia.

A mis hermanos e hijo por ser pacientes conmigo y comprenderme en todo momento.

A mis maestros por compartir sus conocimientos conmigo y poder aplicarlos a mi vida.

A Dios por permitirme recuperar mi sonrisa y por otorgarme salud para alcanzar mis metas.

Edinsont Yorki Eguluz Martinez

AGRADECIMIENTO

A Dios porque sin él nada de esto sería posible.

A mis padres por amor incondicional y por haberme inculcado los valores que hoy me impulsan a cumplir mis metas.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y por darme ese impulso que me permite seguir adelante.

A mí esposa e hijos por ser la razón de salir adelante sin importar los obstáculos que se presenten.

A mis profesores por haberme compartido parte de su conocimiento de esta hermosa profesión.

A mis compañeros que compartieron sus experiencias y amistad en estos años de estudio.

A mi Universidad Continental que me dio la oportunidad de ser parte de esta familia y haberme podido convertir en el profesional que soy ahora.

Edwin Justo Tellez Gonzales

DEDICATORIA

A Dios: Por haberme permitido cumplir con esta meta.

A mi padre: Por su infinito amor, porque, aunque no estás conmigo físicamente, sé que estás guiándome desde el cielo.

A mí madre: Por su amor, cariño, comprensión y los valores que junto a mi padre me supieron inculcar.

A mis hermanos: Por sus palabras de aliento y apoyo moral para cumplir esta meta.

A mí esposa: Por estar siempre a mi lado y haber sido el soporte para cumplir esta gran meta.

A mis hijos: Nayla y Fabián, como no dedicarles este logro si son ustedes los que me impulsan a seguir adelante día a día y lograr pasar cualquier obstáculo.

Edwin Justo Tellez Gonzales

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 Problema General.....	3
1.2.2 Problemas Específicos	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1 Conveniencia	4
1.4.2 Relevancia Social	4
1.4.3 Aplicaciones Prácticas	4
1.4.4 Utilidad Metodológica	5
1.4.5 Valor Teórico	5
1.5 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	5
1.6 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	5
1.6.1 Delimitación Espacial.....	5
1.6.2 Delimitación Temporal.....	5
1.6.3 Delimitación del Universo	6
1.6.4 Delimitación del Contenido.....	6
1.6.5 Delimitación Normativa	6
1.7 LIMITACIONES.....	7
1.8 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.8.1 Viabilidad Social.....	7
1.8.2 Viabilidad Técnica.....	7
1.8.3 Viabilidad Temporal.....	7

1.8.4	Viabilidad Económica	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		8
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....		8
2.1.1	Antecedentes Internacionales	8
2.1.2	Antecedentes Nacionales	9
2.2 BASES TEÓRICAS.....		10
2.2.1	Concreto	10
2.2.2	Componentes del Concreto	10
2.2.2.1	<i>Cemento</i>	11
2.2.2.2	<i>Agregados</i>	15
2.2.3	Propiedades del Concreto Fresco	18
2.2.3.1	<i>Trabajabilidad</i>	18
2.2.3.2	<i>Consistencia</i>	18
2.2.3.3	<i>Segregación</i>	19
2.2.3.4	<i>Exudación</i>	19
2.2.3.5	<i>Cohesividad</i>	19
2.2.3.6	<i>Tiempo de Fragua</i>	19
2.2.3.7	<i>Contenido de Aire</i>	19
2.2.3.8	<i>Temperatura</i>	19
2.2.3.9	<i>Peso Unitario</i>	20
2.2.4	Propiedades del Concreto Endurecido	20
2.2.4.1	<i>Ensayo de Resistencia a la Compresión</i>	20
2.2.4.2	<i>Ensayo de Resistencia a la Tracción</i>	21
2.2.5	Puzolanas.....	22
2.2.5.1	<i>Puzolanas Naturales</i>	23
2.2.5.2	<i>Puzolanas Artificiales</i>	23
2.2.5.3	<i>Actividad Puzolánica de la Ceniza</i>	24
2.2.6	Producción de Arroz en la Región Arequipa	27
2.2.7	La Ceniza de Cascarilla de Arroz en la Construcción.....	28
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....		29
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES		31
3.1 HIPÓTESIS		31
3.1.1	Hipótesis General.....	31
3.1.2	Hipótesis Específicas	31

3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	31
3.2.1 Variable Dependiente.....	31
3.2.2 Variable Independiente.....	31
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	34
4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	34
4.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	34
4.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	35
4.4 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
4.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
4.6 POBLACIÓN Y MUESTRA	36
4.6.1 Población.....	36
4.6.2 Muestra.....	36
4.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
4.7.1 Técnicas de Recolección de Datos	36
4.7.2 Instrumentos de Recolección de Datos	37
4.7.2.1 Guías de Observación	37
4.7.2.2 Guías Documentales	37
4.8 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	38
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
5.1 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	40
5.1.1 Características Físicas del Agregado Grueso.....	40
5.1.2 Características Físicas del Agregado Fino.....	40
5.2 RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLAS	41
5.2.1 Determinación de la Resistencia Promedio	41
5.2.2 Selección del TMN del Agregado	41
5.2.3 Selección del Asentamiento.....	42
5.2.4 Cálculo de la relación agua y cemento.....	42
5.2.5 Volumen de Agua y Porcentaje de Aire.....	43
5.2.6 Cálculo del volumen absoluto del agregado grueso.....	43
5.2.7 Cálculo de la Dosificación	44
5.3 RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS ESPECÍMENES	49

5.3.1	Determinación del óptimo porcentaje de CCA	49
5.3.2	Resultados de la Resistencia a la Tracción del Concreto	50
5.3.2.1	Resultados de Especímenes de Concreto Patrón	50
5.3.2.2	Concreto con 1 % CCA.....	51
5.3.2.3	Concreto con 2 % CCA.....	52
5.3.2.4	Concreto con 3 % CCA.....	53
5.3.2.5	Comparación de la Resistencia a la Tracción	54
5.3.3	Ensayos de Resistencia a la Compresión	56
5.3.3.1	<i>Concreto Patrón</i>	56
5.3.3.2	<i>Concreto con 1 % CCA</i>	57
5.3.3.3	<i>Concreto con 2 % CCA</i>	58
5.3.3.4	<i>Concreto con 3 % CCA</i>	59
5.3.3.5	<i>Comparación de la Resistencia a la Compresión</i>	60
5.3.4	Comparación de Costos.....	62
5.3.5	Discusión de Resultados con Respecto a los Objetivos	66
7.1.1	Discusión de Resultados con Respecto a las Hipótesis.....	70
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	73
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del Cemento Portland.....	12
Tabla 2. Tipos de cementos.....	14
Tabla 3. Tipos de cementos y porcentajes de composición	14
Tabla 4. Tipos especiales de cemento	14
Tabla 5. Requisitos físicos del cemento	14
Tabla 6. Granulometría del agregado fino	16
Tabla 7. Granulometría del agregado grueso	16
Tabla 8. Asentamiento del concreto fresco	18
Tabla 9. Tolerancia permisible para tiempos de curado y hora de ensayo.....	21
Tabla 10. Composición química de las puzolanas	23
Tabla 11. Composición química de la ceniza de cáscara de arroz	25
Tabla 12. Condiciones de combustión del CCA	26
Tabla 13. Producción anual de la campaña agrícola 2021-2022 región Arequipa.....	28
Tabla 14. Operacionalización de Variables.....	32
Tabla 15. Tipos de investigación.....	38
Tabla 16. Efecto de las condiciones de combustión en las propiedades de la CCA	38
Tabla 17. Propiedades físicas del agregado grueso.....	40
Tabla 18. Propiedades físicas del agregado fino	41
Tabla 19. Rangos de asentamiento para elementos estructurales.....	42
Tabla 20. Relación agua / cemento a los 28 días.....	42
Tabla 21. Cantidades de agua y contenido de aire	43
Tabla 22. Cantidades de agua y contenido de aire	44
Tabla 23. Propiedades físicas de los componentes del concreto.....	44
Tabla 24. Valores de diseño	45
Tabla 25. Análisis de diseño	45
Tabla 26. Cantidad de materiales por metro cúbico (seco).....	46
Tabla 27. Corrección por humedad	46
Tabla 28. Contribución de Agua de los Agregados.....	46
Tabla 29. Cantidad de materiales por metro cúbico por peso húmedo	47
Tabla 30. Cantidad de materiales por metro cúbico.....	47
Tabla 31. Proporción en peso húmedo	48
Tabla 32. Proporción en volumen húmedo	48
Tabla 33. Cantidad de materiales por metro cúbico.....	48

Tabla 34. Revenimientos de muestras de concreto	49
Tabla 35. Resistencia a la tracción del concreto patrón	50
Tabla 36. Esfuerzo de tracción de concreto con 1% CCA	51
Tabla 37. Esfuerzo de tracción de concreto con 2 % CCA	52
Tabla 38. Esfuerzo de tracción de concreto con 3 % CCA	53
Tabla 39. Resistencia a compresión del concreto patrón	56
Tabla 40. Esfuerzo de compresión de concreto con 1% CCA	57
Tabla 41. Esfuerzo de compresión de concreto con 2% CCA	58
Tabla 42. Esfuerzo de compresión de concreto con 3% CCA	59
Tabla 43. Cálculo de volúmenes de concreto con CCA.....	63
Tabla 44. Costo por metro cubico de concreto patrón	63
Tabla 45. Costo de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2+1 \%$ CCA.....	64
Tabla 46. Costo de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2+2 \%$ CCA.....	65
Tabla 47. Costo de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2+3 \%$ CCA.....	65
Tabla 48. Resumen de las propiedades físicas de los áridos	67
Tabla 49. Resumen de asentamiento del concreto con CCA.....	68
Tabla 50. Resumen de la resistencia del concreto patrón.....	68
Tabla 51. Esfuerzos a tracción del concreto para diferentes dosificaciones CCA	69
Tabla 52. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosificaciones CCA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tasa de Participación de principales departamentos productores de arroz.....	2
Figura 2. Dosificación de los componentes del concreto.....	10
Figura 3. Proceso de transformación del cemento.	11
Figura 4. Esquema de formación e hidratación del cemento.	13
Figura 5. Vista general del proceso de ensayo de tracción	22
Figura 6. Clasificación de las puzolanas.	24
Figura 7. Siembras de arroz en la campaña agrícola 2021-2022.....	27
Figura 8. Diseño de la investigación.	39
Figura 9. Consistencia y asentamiento del concreto con 5 % de CCA.	50
Figura 10. Resistencia a tracción del concreto patrón.....	51
Figura 11. Resistencia a tracción de concreto con 1% CCA.....	52
Figura 12. Resistencia a tracción de concreto con 2% CCA.....	53
Figura 13. Resistencia a tracción de concreto con 3% CCA.....	54
Figura 14. Esfuerzo de tracción del concreto a 7 días para diferentes dosificaciones.	54
Figura 15. Esfuerzo de tracción del concreto a 14 días para diferentes dosificaciones.	55
Figura 16. Esfuerzo de tracción del concreto a 28 días para diferentes dosificaciones.	55
Figura 17. Evolución del esfuerzo a tracción del concreto por días para diferentes dosificaciones.	56
Figura 18. Resistencia a compresión del concreto patrón.	57
Figura 19. Resistencia a compresión de concreto con 1% CCA	58
Figura 20. Resistencia a compresión de concreto con 2% CCA	59
Figura 21. Resistencia a compresión de concreto con 3% CCA	60
Figura 22. Esfuerzo de compresión del concreto a 7 días para diferentes dosificaciones.....	60
Figura 23. Esfuerzo de compresión del concreto a 14 días para diferentes dosificaciones.....	61
Figura 24. Esfuerzo de compresión del concreto a 28 días para diferentes dosificaciones.....	61
Figura 25. Evolución del esfuerzo a tracción del concreto por días para diferentes dosificaciones.	62
Figura 26. Comparación de costo por metro cúbico de diferentes dosificaciones con CCA.	66
Figura 27. Comparación de la resistencia a la tracción del concreto patrón y con adición CCA	66
Figura 28. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y con adición CCA.	67
Figura 29. Comparación de la resistencia a la tracción del concreto con CCA.	69
Figura 30. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con CCA.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Matriz de consistencia	80
ANEXO B. Informe de Ensayos.....	81
ANEXO C Resultados de ensayos de Compresión y Tracción.....	89
ANEXO D. Panel Fotográfico.....	100

RESUMEN

La presente tesis con título “Análisis comparativo de las características de tracción y compresión de un concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz y un concreto $f'c$ 210kg/cm²”, cuya principal finalidad consistió en establecer las características de tracción y compresión de un concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz de diseño $f'c$ 210kg/cm², para lo cual la población estuvo compuesto por cuatro diseños de mezcla, los cuales fueron el concreto patrón con reemplazo de distintos porcentajes de ceniza en relación de 1 %, 2 % y 3 % en relación al peso del cemento para el correspondiente diseño de mezclas, cabe precisar que también se realizó un diseño de mezclas de concreto con 5 % de adición de ceniza resultando una muestra muy seca y por tanto no fue trabajable. Se realizó por cada diseño 3 testigos, en total se realizará 36 testigos de concreto. Se llegó a la conclusión de que las características físicas de los concretos con adición son mayores a las del concreto patrón, obteniéndose resistencia a tracción del concreto con adición de 1 %, es de 19.16, 21.33 y 23.26 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días; con adición de 2 %, es de 17.36, 20.53 y 21.06 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días y con adición de 3 %, es de 17.60, 19.83 y 24.93 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente. La resistencia a compresión del concreto con adición de 1 %, es de 156.62, 192.93 y 245.85 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días; con adición de 2 %, es de 158.87, 200.58 y 239.02 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días y con adición de 3 %, es de 177.63, 201.09 y 252.68 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Palabras Clave: Tracción, compresión, cascarilla de arroz, ceniza y concreto.

ABSTRACT

This thesis entitled "Comparative analysis of the tensile and compression characteristics of a concrete added with rice husk ash and a concrete f_c 210kg/cm²", whose main purpose was to establish the tensile and compression characteristics of a concrete with the addition of design rice husk ash of design f_c 210kg/cm², for which the population consisted of four mix designs, which were the standard concrete with replacement of different percentages of ash in a ratio of 1 %, 2 % and 3 %, in relation to the weight of the cement for the corresponding mix design, it should be noted that a concrete mix design was also carried out with 5 % ash addition, resulting in a very dry sample and therefore it was not workable. For each design, 3 cores were made, a total of 36 concrete cores witnesses will be made. It was concluded that the physical characteristics of concrete with addition are greater than those of the standard concrete, obtaining tensile strength of the concrete with addition of 1 %, 19.16, 21.33 and 23.26 kg/cm² at 7, 14 and 28 days; with addition of 2 %, 17.36, 20.53 and 21.06 kg/cm² at 7, 14 and 28 days and with addition of 3 %, 17.60, 19.83 and 24.93 kg/cm² at 7, 14 and 28 days respectively. The compressive strength of concrete with 1 % addition is 156.62, 192.93 and 245.85 kg/cm² at 7, 14 and 28 days; with 2 % addition is 158.87, 200.58 and 239.02 kg/cm² at 7, 14 and 28 days and with 3 % addition is 177.63, 201.09 and 252.68 kg/cm² at 7, 14 and 28 days, respectively, and with 3 % addition is 177.63, 201.09 and 252.68 kg/cm² at 7, 14 and 28 days.

Keywords: Tensile, compression, rice husk, ash and concrete.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El concreto es el constituyente más importante de las obras de construcción alrededor del mundo cuyas propiedades están relacionadas a la resistencia, durabilidad y trabajabilidad que se le quiera dar, estas a su vez se encuentran reglamentadas por las normas técnicas propias de cada país. Un problema conexo a la producción de concreto en masa es su impacto ambiental debido a la sobreproducción que trae consigo la excesiva acumulación de residuos.

En el contexto nacional, el MINCETUR afirmó: "Perú ocupa el tercer lugar en América como uno de los principales productores de arroz, seguido por Brasil y Estados Unidos", en esta industria, las cáscaras de arroz se producen como un subproducto y, por lo general, se depositan en vertederos o se incineran, ya que no son útiles para la empresa e incurrir en costos de eliminación adicionales, ya que se eligen repetidamente para ser incinerados. Estos residuos afectan al medio ambiente.

Del mismo modo, el MINAGRI en su último informe cuatrimestral N°2.2-2021 "Observatorio de las Siembras y Perspectivas de la producción de Arroz", afirma que el cultivo de arroz se realiza en mayor cantidad en la costa y en terrenos que son aptos para el cultivo en la Amazonía peruana, encontrándose involucrados un total de 18 regiones del país; no obstante, un 83 % del total de la producción se encuentran en 06 regiones, entre ellas Arequipa (ver figura 1), representado por los valles de Camaná y Punta de Bombón.

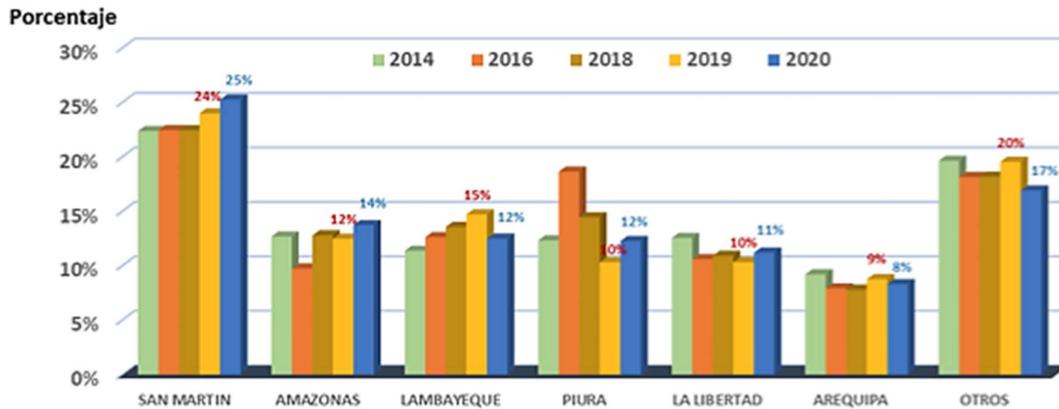


Figura 1. Tasa de Participación de principales departamentos productores de arroz.

Nota. La figura los principales productores de arroz en el Perú desde 2014 al 2020. Tomado de Observatorio de las Siembras y Perspectivas de la producción de Arroz (p.7), por Observatorio de las Siembras y Perspectivas de la producción de Arroz, 2021, Perú.

La motivación personal para realizar esta investigación, es que la industria de la construcción siempre está promoviendo el uso de nuevas alternativas a las materias primas o aditivos de construcción, con el objetivo de garantizar un efecto beneficioso en el entorno natural que responde a los lineamientos planteados por Mafla (2009), en el que explica que: "durante la elaboración de los concretos, se han empleado residuos industriales y agrícolas que exhiben características puzolánicas", en este sentido, la ceniza de la cascara de arroz es un material que tiene propiedades puzolánicas.

Por su textura fina, la ceniza de la cascarilla de arroz es un material muy interesante, así mismo es abrasiva y posee un color granate; es de baja concentración, ocupa mucho espacio cuando se apila y pesa. 125kg/m³, por consiguiente, mil kilos de ceniza de cascarilla de arroz componen cerca de 8m³ a granel. La ceniza de arroz tiene propiedades puzolánicas, lo que significa que actúa como fuente de fases minerales como el silicato tricálcico y el silicato dicálcico para el cemento, cuya combustión controlada produce sílice amorfa que se puede utilizar en la construcción.

Asimismo, las nuevas tendencias tecnológicas en la producción de hormigón, han influido mucho en las empresas constructoras y universidades, que buscan alternativas al concreto de altas prestaciones con materiales respetuosos con el medio ambiente. El foco de estas tendencias es conseguir materiales sostenibles, duraderos y que cumplan con las especificaciones técnicas que marca la normativa; es por eso que se propone el reciclaje de materiales industriales (como los residuos agrícolas), que reducen el impacto sobre el medio ambiente y pueden ser aprovechados. (Benítez, 2015).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Cuáles son los cambios en la resistencia de tracción y compresión de un concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz con respecto un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos a utilizar en la elaboración del concreto?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz que permita la trabajabilidad del concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con fines estructurales.
- ¿Cuál es la resistencia de tracción y compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión y tracción del concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con adición de ceniza de cascarilla de arroz?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General

Comparar las características de tracción y compresión de un concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz y un concreto patrón de resistencia $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos a utilizar en la elaboración del concreto.
- Definir el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz que permita la trabajabilidad del concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con fines estructurales.
- Determinar la resistencia a la compresión y tracción de un concreto patrón $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.
- Determinar la resistencia a la compresión y tracción del concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con adición de ceniza de cascarilla de arroz.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En Perú, construir edificaciones es una forma muy importante de ganar dinero. En la actualidad, los científicos intentan encontrar una nueva forma de fabricar concreto que sea más respetuosa con el medio ambiente. Por ejemplo, en la presente tesis se da prioridad a la utilización de la ceniza de cascarilla de arroz, que es un residuo del cultivo del arroz como adición al concreto.

Esto es un gran problema en el distrito de José María Quimper, porque allí hay muchos arrozales y por ende gran cantidad de residuos. Así que, utilizando estos restos de arroz, se puede ayudar a que la industria de la construcción sea más sostenible.

En términos más sencillos, añadir algo al concreto utilizado en las edificaciones puede hacerlo más resistente. Este estudio quiere lograr si este concreto más resistente proporciona mayor resistencia a por el coste extra que supone en comparación con el concreto normal.

Finalmente, la ceniza de cáscara de arroz es importante para el medio ambiente porque ahora mismo no tiene ningún valor en la agricultura y sólo contamina el entorno. Pero en el futuro, la gente empezará a considerarla valiosa por ello es momento de darle un valor agregado incluyéndolo dentro de las mezclas del concreto.

1.4.1 Conveniencia

Esta investigación es importante para las personas que se encuentran en el entorno de la construcción porque el concreto es un material muy importante que utiliza mucho y es necesario estudiarlo para poder mejorarlo en sus propiedades.

El arroz es un cultivo muy importante que mucha gente cultiva en nuestro país. Cuando cosechan el arroz, hay partes de la planta que no utilizan, como la cascarilla. Estas cáscaras son un tipo de residuo que se producen en gran cantidad en Arequipa. Por desgracia, muchos arroceros no hacen nada con estos residuos y los tiran a la basura o incineran. Según investigaciones recientes han encontrado una manera de reciclar las cáscaras convirtiéndolas en un tipo especial de ceniza con actividad puzolánica la cual es muy conveniente para su uso en el concreto (López & Salcedo, 2021).

1.4.2 Relevancia Social

Esta investigación es realmente importante para la sociedad porque quiere hacer el concreto más resistente y duradero añadiendo ceniza del residuo del arroz. Esto nos ayudará a construir casas de mejor calidad, que soporten cargas y duren mucho tiempo, justificado con estudios en laboratorio. Esto ayudará a las personas que construyen casas y garantizará que su integridad ante un evento sísmico.

1.4.3 Aplicaciones Prácticas

Utilizaremos esto para hacer el concreto más resistente añadiendo residuos calcinados del arroz. Esto ayudará a que el concreto resista esfuerzos de compresión y tracción. Los resultados servirán como referencia para posteriores estudios que abarquen sobre la ingeniería del concreto.

1.4.4 Utilidad Metodológica

Esta investigación consiste en examinar otros trabajos de investigación y artículos escritos recientemente para complementar con información experimental sobre estudios del concreto con adiciones producto del reciclado con el objetivo de aportar sostenibilidad y sustentabilidad a las edificaciones.

1.4.5 Valor Teórico

Este proyecto nos brindará información importante y datos sobre cómo la ceniza de la cáscara de arroz logra obtener mejoras en un tipo de material de construcción llamado concreto en la región de Arequipa. También nos ayudará a aprender más sobre este tema para que podamos investigar más en el futuro.

1.5 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Este estudio es realmente importante porque nos ayuda a saber más sobre cómo se comporta el hormigón cuando añadimos ceniza producto de la calcinación de los residuos del arroz como su cáscara. La investigación recopila información de distintas fuentes y la estudia para ver cómo afecta la ceniza al concreto bajo distintas dosificaciones con el objetivo de afirmar que le proporciona un incremento considerable en sus características mecánicas. Así también ofrece la posibilidad del uso de este concreto adicionado en la edificación de hogares en zonas agrícolas, por la reducción del costo de producción por metro cúbico de concreto.

1.6 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

1.6.1 Delimitación Espacial

El estudio tuvo lugar en el distrito de José María Quimper, que está, Perú provincia de Camaná, valle conocido por cultivar mucho arroz. El área específica donde se realizó el estudio tiene unos 16,72 kilómetros cuadrados y se encuentra a 25 metros sobre el nivel del mar.

1.6.2 Delimitación Temporal

En esta investigación se utilizan pruebas para conocer las diferentes características de los materiales pétreos y para fabricar concreto resistente. También estudian las normas y directrices que siguen los distintos países vigentes durante la realización de este estudio no mayor cinco años de antigüedad. Así mismo la realización de los trabajos de campo y gabinete, se realizó desde el mes de marzo a septiembre del 2022.

1.6.3 Delimitación del Universo

El estudio se realizó con la ayuda de un molino arrocero llamado Molino Arrocero Corpus. El cual proporcionó las cascarillas del arroz para uso en la investigación. Este molino está ubicado en Huacapuy, en un lugar llamado José María Quimper.

1.6.4 Delimitación del Contenido

Para esta investigación, hemos utilizado información de libros, artículos, sitios web y otras fuentes que no tienen más de 5 años.

1.6.5 Delimitación Normativa

La investigación sigue normas y directrices sobre todo lo relacionado a las edificaciones. Estas normas proceden del Reglamento Nacional de Edificación y de otras normas que se utilizan en todo el mundo. Las normas que hemos utilizado son descritas a continuación:

- Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (R.M. N°355-2018-VIVIENDA).
- Norma Técnica E.060 Hormigón Armado (D.S. N°010-2009-VIVIENDA).
- Norma ACI 2018.
- Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Norma Técnica Peruana 400.012 - 2001.
- Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de humedad evaporable total de agregados por secado NORMA TÉCNICA NTP 339.185 - 2002.
- Método de ensayo para determinar el peso unitario de agregados Norma Técnica NTP 400.017 - 1999.
- Áridos. Método de ensayo normalizado para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso Norma Técnica NTP 400 021 PERUVIANA - 2002.
- Áridos. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado fino Norma Técnica NTP 400.022 - 2002.
- Hormigones. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con cono de Abrams. NTP-339.035-1999.
- Hormigón. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón en probetas cilíndricas. NTP 339.034 2008.
- Hormigón. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón por compresión diametral de una probeta cilíndrica. NTP 339.084-2012 (2017). Práctica estándar para selecciona el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo ACI 211.1 – 02.

1.7 LIMITACIONES

La investigación presenta algunas limitaciones. Una de ellas es que resultaba difícil predecir cómo se comportaría el hormigón al añadir ceniza de cáscara de arroz. Esto se debe a que los materiales utilizados para fabricar hormigón pueden ser diferente lugar. Otra limitación era que no tenemos una forma clara de saber cuánta ceniza de cáscara de arroz añadir al hormigón, para ello se tiene que hacer muchas pruebas para averiguar la cantidad adecuada. La última limitación fue el coste de la investigación que por los costos de los materiales, alquiler de equipos y movilización es costoso para un solo tesista.

A pesar de estas limitaciones, fue posible realizar la investigación.

1.8 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 Viabilidad Social

La presente tesis tiene importancia porque nos ayudará a aprender a utilizar la ceniza de la cascarilla de arroz en la construcción de casas. Esto es bueno porque significa que podemos utilizar un tipo diferente de material que funciona tan bien como el hormigón normal.

1.8.2 Viabilidad Técnica

La investigación puede llevarse a cabo porque hay normas y directrices que explican cómo hacerlo. Los métodos para medir la resistencia del hormigón se basarán en normas establecidas por expertos en la materia.

1.8.3 Viabilidad Temporal

La investigación es viable temporalmente, puesto que su desarrollo comenzó el mes de marzo del 2022 y finalizó en setiembre del 2022.

1.8.4 Viabilidad Económica

El estudio es de carácter experimental debido a que la cantidad de muestras de concreto, materiales (cemento, agregados y aditivos), ensayos de laboratorio y el tiempo empleado para obtener las propiedades del concreto no es económicamente factible para otro investigador; por lo tanto, los recursos financieros se dividen en partes iguales entre los dos investigadores para que puedan realizar investigaciones sin interrupción.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Rodríguez & Tibabuzo (2019), en su investigación titulada: “Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico”, esta investigación se realizó para ver si la ceniza de arroz cultivada en la región oriental podía utilizarse para mejorar el cemento. Los investigadores estudiaron las ventajas de añadir harina de arroz al cemento. Descubrieron que la ceniza de arroz debía procesarse y secarse para que tuviera el tamaño adecuado para mezclarse bien con el cemento. Se dosificaron distintas cantidades de ceniza de cascarilla de arroz al cemento y concluyó que lo hacía más débil de lo normal en razón de 2% y 1% para dosificaciones de 3% y 5%.

Devia y Valencia (2019), en su tesis titulada: “Evaluación de la resistencia del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz”, el objetivo del estudio se realizó para ver cómo afecta la ceniza a la calidad del hormigón, para ello se ensayaron 6 vigas hechas con diferentes mezclas de hormigón y ceniza, posteriormente se midieron los cambios a los 7, 14 y 28 días, también se analizó el curado del hormigón hecho con este aglutinante a la misma escala de tiempos. Llegaron a la conclusión de que utilizar un 20% de ceniza de cáscara de arroz en lugar del cemento en el hormigón no funciona bien porque no cumple los requisitos de resistencia, consistencia, y durabilidad.

Montero (2017), en su tesis titulada: “Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador”. El objetivo del estudio es de averiguar cuánta ceniza puede utilizarse en lugar de cemento para fabricar un hormigón resistente soportando presiones mayores a 21 MPa., para tal fin se pone a prueba con diferentes dosificaciones para ver cual da mejores resultados. Concluyendo que utilizar un 15% o un 20% de ceniza los resultados son similares en cuanto a su resistencia a los de 28 días y si puede usar como sustituto.

Coyasamin & Navarro (2016), en su tesis titulada: “Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar”, el objetivo es obtener una forma diferente de fabricar hormigón con diferente tipo de adición. Por tanto, este estudio busca obtener concreto con otros materiales para producir concreto con similares propiedades mecánicas. Los investigadores estudiaron dos materiales vegetales diferentes y probaron a utilizarlos en lugar de parte del cemento del hormigón y sometidos a presión a los 14 y 28 días. Concluyendo que cuando utilizaban un 15% de ceniza en lugar de cemento, el hormigón era muy resistente en un orden de 12% mayor y cuando utilizaban el 30% de ceniza, el hormigón era incluso más resistente que el hormigón normal en un orden de 16%.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

López & Salcedo (2021), en su tesis titulada: “Comportamiento mecánico de concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz”. La investigación presenta enfoque cuantitativo y su objetivo es estudiar el comportamiento mecánico del hormigón cuando le añadimos ceniza de la cascarilla de arroz. Concluyendo que el concreto al cabo de 28 días era más resistente si se le añadía un 10% de ceniza. Pero cuando añadimos un 5% de ceniza, se hizo aún más resistente que con un 10%.

Arévalo & López (2020), en su tesis titulada: “Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín” Este estudio es presenta enfoque cuantitativo y de diseño experimental. El objetivo es lograr un concreto más resistente con la ayuda de adiccionantes como la ceniza. Concluyendo que, añadiendo un poco de esta ceniza, alrededor del 2% del total de la mezcla del concreto, este incrementa entre un 0,64% y un 1,65%, dependiendo del tipo de resistencia utilizada para su dosificación. También hubo una mejoría en la resistencia a la flexión, en un 5,67% y un 3,84%, respectivamente.

Montero (2019), en su tesis titulada: “Evaluación de las propiedades del concreto empleando ceniza de cáscara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo”, El objetivo fue analizar al concreto adicionado con ceniza. Los investigadores realizaron experimentos en un laboratorio para comparar distintos tipos de hormigón y comprobar su eficacia. Descubrieron que algunos tipos de hormigón hechos con ceniza de cáscara de arroz eran fuertes, pero presentaban menor trabajabilidad. Sólo unos pocos diseños funcionaban realmente bien como el que contaba con una dosificación 10% que presento mejor comportamiento.

Jaime y Portocarrero (2018), en su tesis de título: “Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018”, el objetivo del estudio fue comprobar si la adición de ceniza al concreto lo haría más resistente.

Hicieron un experimento en el que sustituyeron parte del cemento por ceniza, posteriormente probaron diferentes dosificaciones para cuantificar este aumento. Concluyendo con una sustitución del 8% de ceniza este alcanza su máxima resistencia de 231 kg/cm² a los 28 días.

Villegas (2016), en su tesis titulada “Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base de cemento portland destinados a la construcción de viviendas de bajo costo”, El propósito de este estudio es encontrar una forma más económica y resistente de fabricar concreto para edificaciones de uso residencial. Concluyendo que la puzolana proveniente de la calcinación de la cascara del arroz puede ser usada para la producción del concreto y reducir sus costos y beneficiándose con el aumento de la resistencia.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Concreto

Se fabrica mezclando diferentes elementos compuesta por el aglutinante y agua que le dan su propiedad característica. En el concreto normal, estos aglutinantes suelen ser un tipo de cemento y agua, pero a veces también se añaden otras componentes como escorias, piedra caliza, puzolana o aditivos químicos (ASOCEM, 2013).

2.2.2 Componentes del Concreto

El concreto es como una mezcla compuesta de materiales pétreos y un tipo de pegamento. El pegamento se obtiene mezclando cemento y agua. Cuando mezclamos los agregados y el pegamento, se combinan a tal punto que, y se vuelven muy duras, como una roca. Esto ocurre porque el pegamento reacciona con el agua y lo solidifica todo.

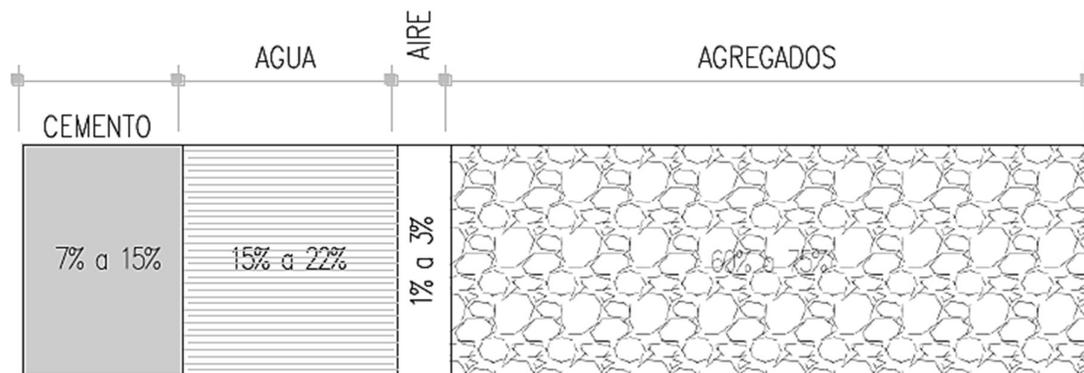


Figura 2. Dosificación de los componentes del concreto.

Nota. La figura representa las proporciones de los componentes del concreto. Recueperdao de Materiales para el Concreto (p.27), por Enrique Rivva López, 2013, Instituto de la Construcción y la Gerencia, Perú.

2.2.2.1 Cemento

El término puede tener distinta connotación, según el Léxico Básico del ASOCEM (Asociación de productores de cemento) 2013:

- **Cemento adicionado binario.** Cemento adicionado hidráulico, que implica la combinación de cemento Portland con cemento de escoria o cemento Portland con una puzolana.
- **Cemento adicionado ternario.** Cemento adicionado hidráulico, que se compone de cemento Portland mezclado con una combinación de dos puzolanas distintas o bien cemento Portland combinado con cemento de escoria y una puzolana.
- **Cemento aluminoso.** En producto obtenido por pulverización de escoria, que consiste esencialmente en aluminatos de calcio hidráulicos, por fundición o fusión de una mezcla de aluminio y materiales calcáreos en proporciones apropiadas; en Inglaterra se le llama cemento de alta alúmina y en Francia se le llama cemento de fundición.
- **Cemento blanco.** El cemento Portland, que se hidrata como una pasta blanca, está hecho de un material bajo en hierro. El proceso de molienda y clínker implica condiciones especiales.
- **Cemento hidráulico.** Cuando mezclas cemento con agua, esta se transforma en una clase de pasta espesa que puede endurecerse incluso bajo el agua o en el aire. Esto ocurre porque el agua reacciona con el cemento y hace que se vuelva sólido.

El cemento es considerado el mejor aglutinante hidráulico porque ofrece al hombre un elemento duradero con una gama de usos muy amplia.

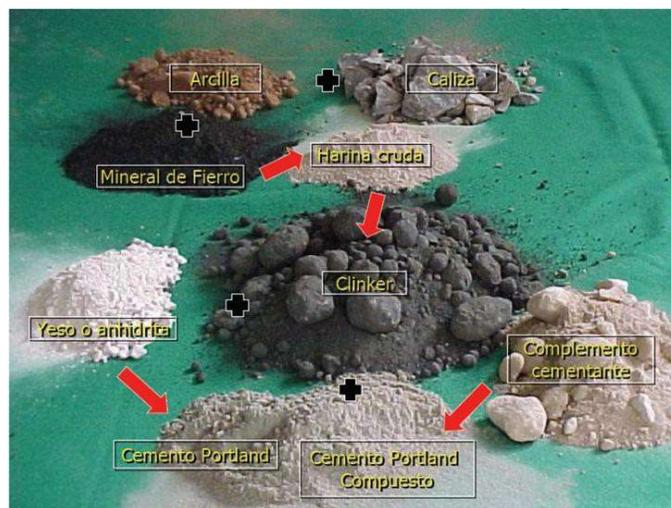


Figura 3. Proceso de transformación del cemento.

Nota. La figura representa el proceso de transformación del cemento Tomado de Materiales II (p.2), por Hugo Tarelo Barba, (2018).

El cemento Portland es un tipo especial de material que fue fabricado hace mucho tiempo por J. Aspdin. Su nombre se debe a que se parece a un tipo de piedra que se encuentra en una ciudad inglesa llamada Portland. Para fabricar este tipo de cemento, hay que calentar una mezcla de ciertos minerales a una temperatura muy alta. Esto se hace en grandes máquinas que dan vueltas y son muy largas, denominados hornos rotatorios. Después de calentarlo, el material se convierte en un polvo llamado "clínker". Para que no se seque demasiado rápido, se añade al polvo un poco de otra sustancia llamada yeso. En proporciones de 2 a 3% en peso.

Tabla 1.

Componentes del Cemento Portland

Nombre	Fórmula	Fórmula de óxidos	Porcentaje
Silicato dicálcico	Ca ₂ SiO ₄	SiO ₂ . 2CaO	32 %
Silicato tricálcico	Ca ₃ SiO ₅	SiO ₂ .3CaO	40 %
Aluminato tricálcico	Ca ₃ Al ₂ O ₆	Al ₂ O ₃ 3CaO	10 %
Ferroaluminato tetra cálcico	Ca ₄ Al ₂ Fe ₂ O ₁₀	Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃ .4CaO	9%
Sulfato de calcio	CaSO ₄		2-3 %

Fuente: IECA

En la Fig. 4, Neville repite esquemáticamente el proceso de hidratación del cemento desde las partes principales, a través de los óxidos, hasta llegar al producto de hidratación. Como se mencionó anteriormente y se desarrolla más adelante, la mayor o menor cantidad de productos de hidratación producidos por los principales componentes del cemento Portland, da como resultado cementos con diferentes propiedades o tipos de cementos Portland.

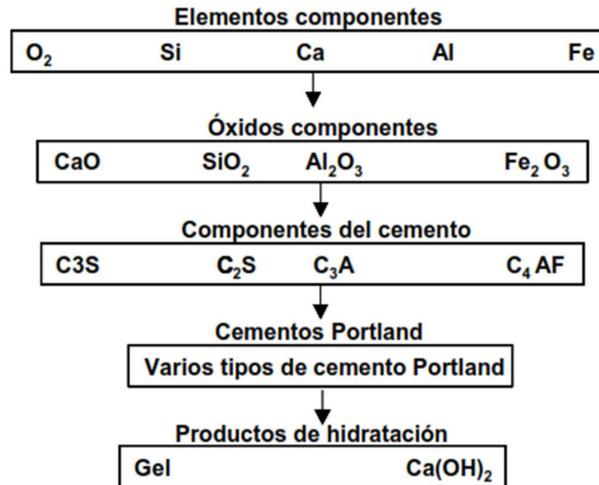


Figura 4. Esquema de formación e hidratación del cemento.

Nota. Representación esquemática de la formación e hidratación del cemento Tomado y traducido de Properties of concrete (s/p), por Neville, 1995, Prentice Hall, Estados Unidos.

Existen diferentes tipos de cemento, llamados cemento Portland, que consideramos normales porque se fabrican de una determinada manera según unas normas específicas y estas se describen en la Tabla 2 (Pasquel, 1992, p 36-40).

Tabla 2.

Tipos de Cemento

Cemento	Descripción
Tipo I	Para uso general donde no se requieren propiedades especiales.
Tipo II	Resistencia moderada a los sulfatos y calor de hidratación moderado. Para uso en estructuras con ambientes hostiles y/o en fundiciones masivas.
Tipo III	Resistencia moderada a los sulfatos y calor de hidratación moderado. Para uso en estructuras con ambientes hostiles y/o en fundiciones masivas.
Tipo IV	Rápido desarrollo de la resistencia con alto calor de hidratación. Para uso en climas fríos o cuando las estructuras necesitan ser puestas en servicio antes.
Tipo V	Alta resistencia al ataque de sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

Fuente: Pasquel, 1992

Tabla 3.*Tipos de cementos y porcentajes de composición*

Cemento	Composición Química en Porcentaje			
	C3S	C2S	C3A	C4AF
Tipo I	48	27	12	8
Tipo II	40	35	5	13
Tipo III	62	13	9	8
Tipo IV	25	50	5	12

Fuente: Instituto del Concreto, 1997

La norma ASTM-C-595-00 es un conjunto de reglas que explica cómo deben fabricarse los distintos tipos de cemento. Esta norma incluye tipos especiales de cemento que tienen ingredientes adicionales llamados escorias y puzolanas. Estos ingredientes adicionales cambian la forma de actuar del cemento y hacen que se comporte de manera diferente (Harmsen, 2002), como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.*Tipos especiales de cemento*

Cemento	Descripción
Tipo IS	Cemento al que se añade entre un 25% y un 70% en peso de escorias de alto horno
Tipo ISM	Cemento al que se añade menos del 25% en peso de escoria de alto horno
Tipo IP	Cemento con adición de 15% a 40% en peso de puzolana
Tipo PM	Cemento al que se ha añadido menos del 15% en peso de puzolana

Fuente: ASTM-C-595-00

Tabla 5.*Requisitos físicos del cemento*

Cemento	Tipos				
	I	II	V	MS	IP
Resistencia la Compresión mín. Kg/cm ²					
<i>3 días</i>	120	100	80	100	130
<i>7 días</i>	190	170	150	170	200
<i>28 días</i>	280	280	210	280	250
Tiempo de fraguado (minutos)					
<i>Inicial mínimo</i>	45	45	45	45	45
<i>Final máximo</i>	375	375	375	420	420
Expansión autoclave %	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Resistencia a los sulfatos	-	-	0.04	0.1	0.1
% máximo de expansión	-	-	14 días	6 meses	6 meses

Fuente: NTP 334.009**2.2.2.2 Agregados**

Los concretos hidráulicos se componen de muchos trozos pequeños (áridos) mezclados con otros materiales. Estos materiales ayudan a que el hormigón sea duro y resistente. La cantidad de áridos utilizados es muy importante porque influye en el resultado del hormigón (Rivera, 2017, p.41).

A. Agregado Fino

El árido fino que procede de la descomposición de materiales naturales o artificiales y que pasa por un tipo especial de colador. Un buen árido debe ser fuerte, limpio y duro, sin elementos adicionales como polvo, barro o materia orgánica. No debe tener más que una pequeña cantidad de arcilla o limo y materia orgánica. Los trozos deben tener un tamaño inferior a ¼ de pulgada y cumplir con lo establecido en ASTM C-33-93.

Tabla 6.*Granulometría del agregado fino*

Mallas	Especificaciones ASTM C-33	
	Mínimo	Máximo
3/8"	-	100
#4	95	100
#8	80	100
#16	50	85
#30	25	60
#50	10	30
#100	2	10
<#100	0	0

Fuente: ASTM C-33.**B. Agregado Grueso**

Este particular se conserva en el tamiz número 4, está formado por diferentes tipos de rocas como granito, diorita y sienita. Los materiales utilizados pueden ser pequeñas rocas de un río o depósitos naturales. Cuando se utiliza para construir cosas como acero y hormigón, las rocas más grandes no deben tener más de una quinta parte de la distancia entre las paredes, tres cuartas partes del espacio entre las armaduras y un tercio del grosor de las losas. La arena utilizada no debe tener más de un 5% de arcilla y partículas diminutas, y no más de un 1,5% de elementos como plantas y carbón. Todo esto se basa en una norma llamada ASTM C-33-93.

Tabla 7.*Granulometría del agregado grueso*

Mallas	Especificaciones ASTM C-33	
	Mínimo	Máximo
2"	-	100
1 1/2"	90	100
1"	90	100
3/4"	40	85
1/2"	10	40
3/8"	0	15
#4	0	5
< #4	0	0

Fuente: ASTM C-33

C. Propiedades

- **Peso Unitario.** Es la fracción de peso de las partículas significa cuánto pesan las partículas en comparación con la cantidad total de espacio que ocupan, incluidos los espacios vacíos entre ellas. Esto puede cambiar dependiendo de cómo estén dispuestas las partículas, por lo que es una medida relativa. En unidades normales, el valor del peso suele estar entre 1500 y 1700 kilogramos por metro cúbico.
- **Peso Específico.** Indica cuánto pesan las partículas en comparación con el espacio que ocupan y no se considera el vacío de los espacios entre partículas. Para obtener el peso específico se utiliza un número especial que se calcula multiplicándolo por la densidad del agua.
- **Porcentaje de Vacíos.** La densidad es una forma de medir lo apretadas que están las cosas. Es como el espacio que hay entre las partículas. El valor de la densidad puede cambiar dependiendo de dónde se mida y se compara con otro patrón, igual que el peso.
- **Absorción.** Es la propiedad de que las partículas diminutas pueden absorber agua porque tienen pequeños espacios en su interior. Esto ocurre gracias a una fuerza especial llamada capilaridad. Pero, aunque los espacios se llenen de agua, siempre queda algo de aire en su interior.
- **Porosidad.** Se refiere a los espacios vacíos dentro de las pequeñas piezas que componen algo. La porosidad se refiere a la capacidad de esos espacios para retener agua u otros líquidos en función de su tamaño.
- **Condición de Saturación.** Los áridos pueden estar en cuatro estados diferentes: secos, un poco húmedos, muy húmedos o algo húmedos o secos. Esto depende de la porción de agua que hayan absorbido las partículas, que puede oscilar entre el 0% y el 5% en el caso de las rocas normales.
- **Humedad.** La humedad es la porción de agua que hay en los pequeños trozos de material. Si el material contiene más agua de la que puede contener, absorbe el agua sobrante. Pero si hay menos agua en el material de la que puede contener, absorbe el agua de la mezcla en la que se encuentra. Es importante saber cuánta agua hay que mezclar y cuánto cemento hay que utilizar.
- **Granulometría.** La granulometría es como clasificar distintos tipos de partículas por su tamaño. Cogemos un montón de partículas y los dividimos en montones según el tamaño de los trozos. A continuación, medimos la cantidad de partículas que hay en cada montón.

2.2.3 Propiedades del Concreto Fresco

El concreto es un material especial que puede moverse y moldearse fácilmente cuando aún está húmedo. También puede hacerse temblar o vibrar.

2.2.3.1 Trabajabilidad

Las propiedades del concreto se refieren a cómo se mueve y a su espesor. Para medirlo utilizamos una prueba llamada prueba de asentamiento. El concreto puede mezclarse, asentarse y agitarse, pero sigue siendo el mismo en todo momento.

El concreto tiene que ser fácil de moldear y mover para que pueda rellenar todos los espacios alrededor de las barras metálicas de su interior. Esto garantiza que el hormigón sea el mismo y no tenga espacios vacíos ni burbujas de aire (Rivva López, 2004).

2.2.3.2 Consistencia

La facilidad para trabajar con una mezcla depende de lo concentrada o acuosa que sea. Si la mezcla tiene más agua, será más fácil colocarla en el lugar adecuado. Aquí tienes una tabla que muestra cuánta agua hay que utilizar para distintos tipos de mezclas.

Tabla 8.

Asentamiento del concreto fresco

Mallas	Asentamiento (pulgadas)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación	3	1
Cimentaciones simples, cajones, y subestructuras de muros	3	1
Vigas y muros armados	4	1
Columnas de edificios	4	1
Losas y pavimentos	3	1
Concreto ciclópeo	2	1

Fuente: Rivva López, 2004

2.2.3.3 Segregación

Esto ocurre cuando los componentes del concreto empiezan a separarse unas de otras. Esto hace que el hormigón no sea tan fuerte y puede causar grietas y agujeros en los elementos estructurales.

2.2.3.4 Exudación

Se produce cuando el concreto puede separarse en distintas partes cuando aún está húmedo. Esto ocurre porque al agua del concreto sube a la superficie. Esta separación comienza cuando el se coloca en un molde y se compacta.

2.2.3.5 Cohesividad

Esta propiedad del concreto se refiere al nivel de cohesión entre todas las partículas que forman parte de la mezcla. Mediante este fenómeno, es posible regular la segregación durante la etapa de colocación, ya que se puede evaluar a través de una prueba de resistencia al estiramiento.

2.2.3.6 Tiempo de Fragua

El tiempo de fraguado es el tiempo que tarda algo en endurecerse. Es esencial que el proceso de fraguado ocurra en el tiempo justo, sin que sea demasiado rápido ni excesivamente lento. Si ocurre de forma acelerada, no habrá tiempo adecuado para verter el hormigón antes de que se endurezca. Por otro lado, si es demasiado lento, podría causar en la utilización de la estructura.

2.2.3.7 Contenido de Aire

Las burbujas de aire se encuentran en todos y cada uno de los tipos de hormigón, son pequeñas bolsas de aire. A veces incluso se añaden a propósito. Normalmente, entre el 1% y el 3% del hormigón está formado por burbujas de aire.

2.2.3.8 Temperatura

Esta propiedad es muy importante porque se crea cuando el cemento se mezcla con agua. Los otros elementos de la mezcla que pueden modificar la temperatura también tienen un gran impacto en esta propiedad, por lo que existen unas normas denominadas "NTP 339.1884" que nos indican cómo asegurarnos de que se mantiene en el nivel adecuado.

2.2.3.9 Peso Unitario

Cuando fabricamos concreto, los materiales que utilizamos pueden cambiar su peso y su densidad. Uno de los materiales, el árido, puede hacer que el concreto sea más ligero o más pesado sin cambiar su densidad.

2.2.4 Propiedades del Concreto Endurecido

Existen diferentes pruebas para comprobar la resistencia del hormigón una vez endurecido. Estas pruebas nos ayudan a saber si el hormigón se ha curado durante el tiempo adecuado y si cumple las normas de calidad para la construcción. A continuación, se enumeran algunos ejemplos de estas pruebas, que nos ayudan a comprobar la resistencia del hormigón una vez seco.

2.2.4.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión

Esto significa que el hormigón es muy resistente y puede soportar mucha presión sin romperse. La resistencia del cemento depende de la cantidad de agua que se mezcle con él. La temperatura, el tiempo y el tipo de cemento y rocas utilizados también afectan a su resistencia (Pasquel, 1998).

- **Normas.** Tanto la norma peruana como la estadounidense son métodos utilizados para cuantificar la resistencia del hormigón ensayándolo a compresión en una prueba especial, estas normas son NTP 339.034 y ASTM C39-14.
- **Definición.** Esto es cuando ponemos peso sobre los cilindros y los hacemos girar a cierta velocidad. Seguimos haciéndolo hasta que los cilindros se rompen. Medimos el peso en kilogramos por centímetro o en megapascales, según las unidades que necesitemos.
- **Equipo.** La máquina de ensayos debe tener una fuente de energía para funcionar y debe seguir trabajando sin parar. También debe tener dos bloques de acero, uno en la parte superior del tubo y otro en la inferior que se apoyen en una base resistente. El tamaño de los bloques debe ser al menos un 3% mayor que el de las bases de soporte.
- **Procedimiento de Ensayo.** Las pruebas de compresión se realizan en muestras justo después de sacarlas del almacén. Las muestras pueden tener un tamaño de 6 por 12 pulgadas o de 4 por 8 pulgadas cuando parecen estar secas en su mayor parte.
- **Tolerancias de Ensayo.** Anota el día, el mes y el año. Anota también la edad del hormigón. Para saber su edad, resta el día en que se fabricó del día en que lo estás probando, se debe tomar lo establecido en la tabla 9.

Tabla 9.

Tolerancia permisible para tiempos de curado y hora de ensayo

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	+0.5h o 2.1 %
3 días	+2.0h o 2.8 %
7 días	+6.0h o 3.6 %
28 días	+20h o 3.0 %
90 días	+48h o 2.1 %

Fuente: NTP 339.034, 2000

2.2.4.2 Ensayo de Resistencia a la Tracción

La resistencia a la tracción del hormigón es la fuerza con la que puede estirarse sin romperse. Es muy importante a la hora de diseñar edificios y carreteras. Antes probábamos la resistencia del hormigón aplastándolo, pero ahora disponemos de mejores métodos para comprobar cómo se estira. Aunque ahora podemos comprobar el estiramiento, seguimos utilizando el aplastamiento para comprobar si el hormigón es de buena calidad porque tenemos mucha información del pasado.

- **Normas.** Es una forma de comprobar la resistencia del hormigón aplastándolo por los lados de una pieza redonda, se debe ceñirse a lo establecido en la norma NTP 339.084.
- **Definición.** En esta prueba, empujamos con mucha fuerza un trozo de hormigón hasta que se rompe. Esto ejerce una tensión sobre el hormigón que lo separa y lo aplasta.
- **Equipo.** La máquina de ensayo tiene que cumplir ciertas normas denominadas NTP 339.034. También tiene que ser lo suficientemente fuerte como para aplicar presión rápidamente. También utilizamos una placa metálica fina y ancha y un trozo de madera en cada extremo de la máquina para sujetar el objeto que estamos probando.

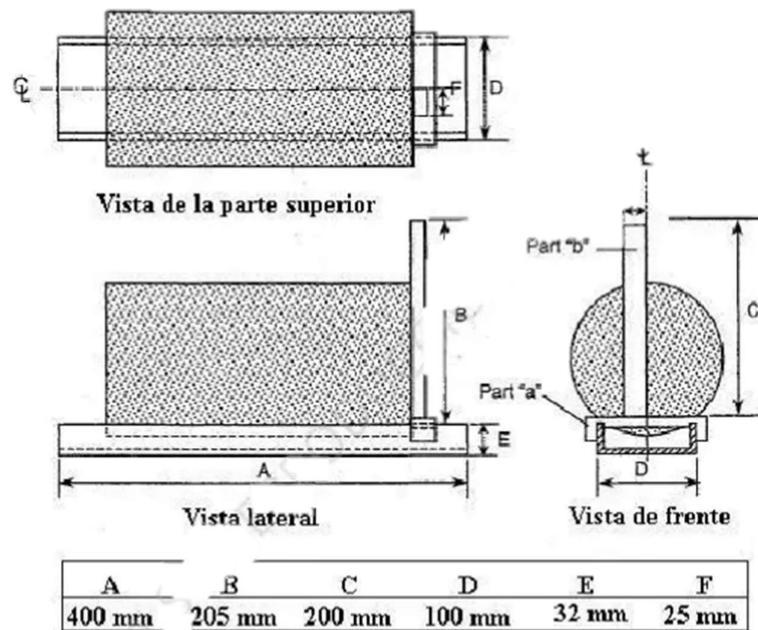


Figura 5. Vista general del proceso de ensayo de tracción
Nota. La figura representa la vista general de un aparato conveniente para el marcado de diámetros extremos utilizados para el alineamiento del espécimen en la máquina de ensayo Tomado de NTP 339.084.

2.2.5 Puzolanas

Las puzolanas son materiales especiales que pueden reaccionar con el agua y convertirse en cemento. Contienen sílice o aluminio y, cuando se mezclan con el agua, se convierten en una sustancia parecida al cemento que puede pegar las cosas.

Esto sigue ciertas reglas y directrices que dicen que es bueno para el hormigón. Se llaman NTP 1334.104 y ASTM C 618. Estas normas también hablan de tres tipos diferentes de cenizas volantes que se pueden utilizar en el hormigón:

- Clase N: Son aquellas puzolanas naturales crudas o puzolanas calcinadas. Toba volcánica calcinada o que no ha sido calcinada y cenizas volcánicas. Materiales que demandan cocción para obtener las características deseadas.
- Clase F: Cenizas volantes procedentes de la combustión de antracita o carbón bituminoso. Cenizas con características puzolánicas.
- Clase C: Cenizas volantes procedentes de la combustión de carbón sub-bituminoso o lignito.

Esta clase de ceniza tiene características cementosas además de sus características puzolánicas.

Tabla 10.

Composición química de las puzolanas

Composición química	Clase de adición		
	N	F	C
Porcentaje mínimo de SO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO ₂	70	70	50
Porcentaje máximo de SO ₃	4	5	5
Porcentaje máximo de contenido de humedad	3	3	3
Porcentaje máximo de pérdida por calcinación	10	6	6

Fuente: ASTM C 618

A continuación, se muestra los tres grupos principales en que la norma ASTM C 618 clasifica las cenizas volantes.

2.2.5.1 Puzolanas Naturales

Son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes y entre las principales tenemos:

- **Cenizas volcánicas:** Las erupciones volcánicas explosivas producen pequeños granos que se calientan a temperatura ambiente y forman un estado vítreo.
- **Tobas volcánicas o tobas (zeolitas):** Pertenecen al conjunto de los silicatos de aluminio hidratados, existen más de 40 tipos y contiene una gran cantidad de sílice (SiO₂) y alúmina reactiva (Al₂O₃). Productos de la diagénesis hidrotermal y posteriormente de cenizas volcánicas.
- **Diatomeas (diatomita):** puzolana de origen orgánico. Sedimentos de conchas que contienen silicatos de algas acuáticas unicelulares microscópicamente pequeñas (diatomeas).

2.2.5.2 Puzolanas Artificiales

Estos son los principales materiales en estado puzolánico provenientes del tratamiento térmico, estos subproductos se derivan de la actividad de cocción y se clasifican como:

- **Cenizas volantes:** Material particulado en partículas esféricas, subproducto de centrales térmicas que utilizan carbón pulverizado como combustible.
- **Arcillas activadas térmicamente:** Las arcillas naturales no pueden producir una reacción química especial llamada actividad puzolánica a menos que se calienten mucho, entre 600 y 900 grados Celsius.

- **Microsílice:** Residuo de la disgregación del cuarzo de alta pureza para producir material con propiedades puzolánicas.
- **Ceniza de cáscara de arroz (CCA):** La ceniza de cascarilla de arroz es un tipo especial de polvo que se produce al quemar partes sobrantes de las plantas de arroz. La forma de quemarlo influye mucho en la eficacia del polvo, por lo que hay que tener cuidado cuando se quema a temperaturas inferiores a 700 °C (Jauberthie, 2000).

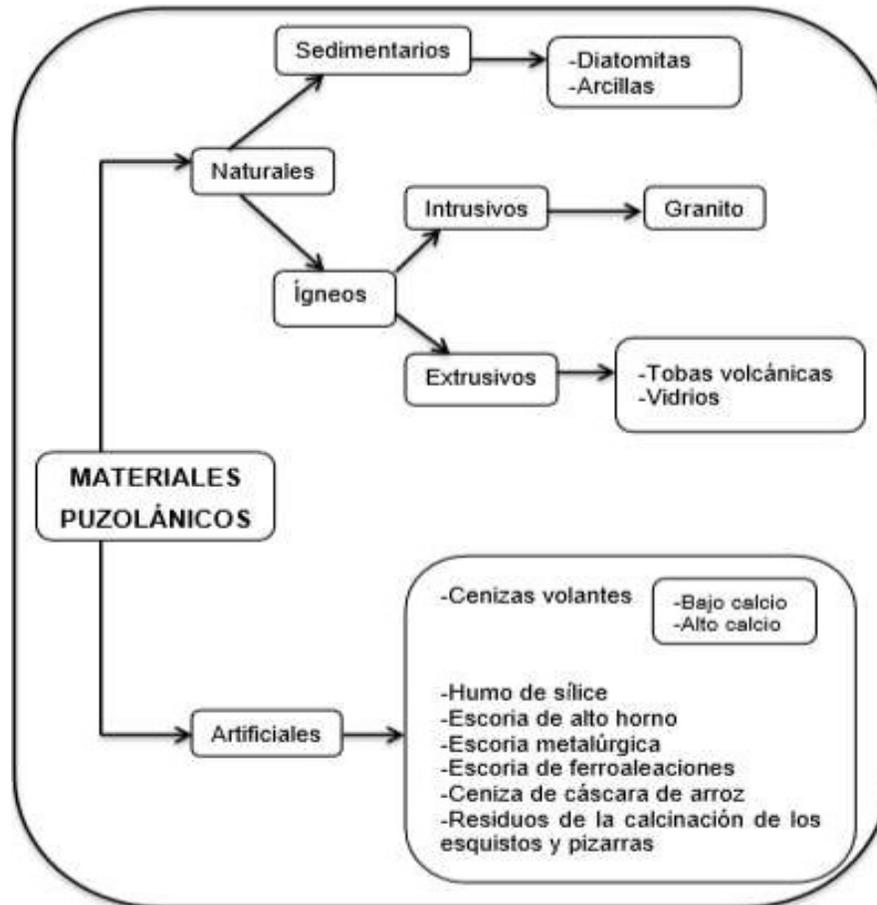


Figura 6. Clasificación de las puzolanas.

Nota: La figura representa la clasificación de materiales puzolánicos. Tomado de Juárez, 2012.

2.2.5.3 Actividad Puzolánica de la Ceniza

Es lo que queda después de quemar la parte exterior del arroz, llamada cáscara de arroz. Tenemos que controlar el proceso de combustión para que se convierta en una potente sustancia llamada puzolana. Tenemos que asegurarnos de que la temperatura no sea superior a los 700 grados

centígrados, o de lo contrario una parte de ella llamada sílice cambiará y ya no podrá hacer su trabajo (Juárez, 2012).

A. Composición

La ceniza de la cascarilla de arroz se compone de sustancias similares a las que se encuentran en muchos materiales vegetales.

- Celulosa (C₅H₁₀O₅).
- Lignina (C₇H₁₀O₃).
- Hemicelulosa (SiO₂).
- Holocelulosa.

La ceniza de cascarilla de arroz es diferente según su procedencia de donde venga y su elaboración. Para fabricarla hay que calcinar la cascarilla de arroz para que tenga las cualidades adecuadas. La combustión también puede cambiar su composición. Uno de los principales componentes de la ceniza de cascarilla de arroz es el silicato.

Durante el proceso de combustión, algunas partes se convierten en gas y desaparecen, dejando sólo un cierto tipo de material llamado silicatos. La ceniza de cascarilla de arroz se produce de una forma especial dependiendo de su composición y del tiempo y la temperatura a los que se quema. El silicato es una parte de la ceniza de cáscara de arroz que le ayuda a reaccionar con ciertos materiales. Para mantener esta parte de silicato, una sustancia llamada dióxido de silicio necesita mantener una forma determinada. La ceniza de cascarilla de arroz también tiene muchos orificios en su interior. Por eso, cuando la cascarilla de arroz se quema de una forma determinada, se deshace de algunas partes, pero conserva las partes importantes y mantiene la forma de la cáscara de arroz. La composición química de la ceniza de cascarilla de arroz común se muestra en la tabla 11.

Tabla 11.

Composición química de la ceniza de cáscara de arroz

Composición (%)	Ceniza de arroz calcinada		
	350°C	400°C	900°C
Al ₂ O ₃	0.08	0.07	0.2
Ca	0.2	0.23	0.26
Fe ₂ O ₃	0.09	0.08	0.08
MgO	0.28	0.28	0.32
K ₂ O	3.09	3.08	2.8
Na ₂ O	0.29	0.29	0.39
SiO ₃	91.78	92.92	93.89
Carbón	5.69	4.72	0.39

Fuente: La figura representa la composición de las cenizas de arroz. Tomado Vásquez & Vigil, 2000.

B. Combustión

La forma de calcinar la cascarilla de arroz influye en su calidad. Hay diferentes formas de quemarlas, y se describen a continuación.

- **Quema a campo abierto:** Cuando quemamos ceniza de cascarilla de arroz en el exterior, la ceniza que queda no es muy buena.
- **Combustión de la cáscara de arroz para la generación de electricidad:** Utilizamos el calor de la cáscara de arroz sobrante para producir electricidad. Controlamos cuidadosamente la temperatura del fuego y el tiempo que arde para eliminar toda la suciedad. Después de quemar la cascarilla de arroz, nos quedan unos restos llamados cenizas, que contienen diferentes ingredientes.
- **Horno industrial:** Esta forma de hacer las cosas se sugiere porque ayuda a proteger el medio ambiente y ahorra dinero. Cuando quemamos algo, podemos obtener un tipo de material llamado sílice, que es aproximadamente el 90-95% de lo que obtenemos. Este método facilita hacer cosas como ceniza de cáscara de arroz y productos que tienen un tipo de sílice que no tiene una forma definida. La ceniza hecha de cascarilla de arroz con este método es realmente buena para ciertos tipos de construcción.

Tabla 12.

Condiciones de combustión del CCA

Temperatura de Combustión °C	Tiempo de Combustión	Propiedades de entorno	Cristalización	Área superficial m ² /s
500-600	1 min	Moderadamente oxidante	No cristalina	122
500-600	30 min	Moderadamente oxidante	No cristalina	97
500-600	2 horas	Moderadamente oxidante	No cristalina	76
700-800	15 min a 1 hora	Moderadamente oxidante	No cristalina	100
700-800	15 min a 1 hora	Altamente oxidante	Parcialmente cristalina	6-10
>800	> 1 hora	Altamente oxidante	Cristalina	<5

Fuente: Juárez, 2012.

C. Variación de propiedades

Cuando mezclamos ceniza de cascarilla de arroz con hormigón, mejoramos el hormigón para el medio ambiente. La ceniza de cascarilla de arroz ayuda a que el hormigón sea más resistente y

dures más. También ayuda a que el hormigón sea menos propenso a agrietarse y a dejar pasar el agua. Esto significa que las estructuras de hormigón hechas con ceniza de cascarilla de arroz se mantendrán en buenas condiciones durante mucho tiempo. La ceniza de cascarilla de arroz también reacciona con otra sustancia química para hacerlo aún más resistente. Esto ayuda a proteger el hormigón de cosas que podrían dañarlo.

2.2.6 Producción de Arroz en la Región Arequipa

La siguiente tabla muestra la producción en hectáreas a nivel nacional en la campaña agrícola 2021-2022. Estas cifras reflejarían el buen avance de las siembras en ciertas regiones de la costa como Ancash (90,2 %), Arequipa (101,9 %), Lambayeque (95 %) y Tumbes (103 %); mientras que las regiones que no cumplieron con las metas establecidas y que serían las que explican la caída global de las siembras son La Libertad (88,3 %) y Piura (85,3 %). En la selva, San Martín superó todas las expectativas (105,7 %), Loreto (103,8 %) y Cajamarca (96,4 %). En tanto, mostraron un moderado avance Amazonas (94,8 %), Huánuco (95,7 %), Cusco (86,8 %) y Madre de Dios (84,1 %). mostraron avances moderados. Por otro lado, algunas zonas han visto una disminución importante en el cultivo, dando como resultado una producción limitada en áreas como Ayacucho (8 %), Puno (34,5 %), Junín (40 %) y Pasco (70,6 %).

Departamento	Monitoreo 2021/2022				Agosto 2021 - Julio 2022				
	Promedio 1/	Intenciones de Siembra 2021/2022	Variación (%)	Diferencia (ha)	Promedio 1/	Ejecutado	Variación (%)	Diferencia (ha)	Avance (%)
Amazonas	48 454	40 089	-17,3	-8 365	48 404	45 921	-5,1	-2 483	94,8
Ancash	6 221	6 112	-1,8	-109	6 212	5 613	-9,6	-599	90,2
Arequipa	20 369	18 703	-8,2	-1 666	20 446	20 759	1,5	313	101,9
Ayacucho	49	7	-85,8	-42	63	4	-93,7	-59	8,1
Cajamarca	23 658	27 554	16,5	3 896	24 106	22 801	-5,4	-1 305	96,4
Cusco	1 103	995	-9,8	-108	1 058	958	-9,4	-100	86,8
Huánuco	9 365	7 051	-24,7	-2 314	9 485	8 963	-5,5	-522	95,7
Junín	895	492	-45,0	-403	904	358	-60,4	-546	40,0
La Libertad	32 539	31 334	-3,7	-1 205	32 111	28 720	-10,6	-3 391	88,3
Lambayeque	51 786	50 595	-2,3	-1 191	51 790	49 272	-4,9	-2 518	95,1
Loreto	36 266	37 725	4,0	1 459	36 328	37 627	3,6	1 299	103,8
Madre de Dios	2 305	2 354	2,1	49	2 401	1 939	-19,2	-462	84,1
Pasco	1 743	1 224	-29,8	-519	1 843	1 231	-33,2	-612	70,6
Piura	57 754	52 352	-9,4	-5 402	57 964	49 265	-15,0	-8 699	85,3
Puno	139	59	-57,6	-80	160	48	-70,0	-112	34,5
San Martín	106 392	105 705	-0,6	-687	105 713	112 426	6,4	6 713	105,7
Tumbes	14 172	15 042	6,1	870	14 172	14 592	3,0	420	103,0
Ucayali	15 777	16 846	6,8	1 069	15 655	15 011	-4,1	-644	95,1
Total nacional	428 989	414 239	-3,4	-14 750	428 813	415 507	-3,1	-13 306	96,9

Figura 7. Siembras de arroz en la campaña agrícola 2021-2022.

Nota: La figura representa la siembra de arroz en la campaña agrícola 2021-2022 Tomado de Observatorio de COMMODITIES Arroz 2022 (p.27), por Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022, Perú.

En la región Arequipa se observó lo siguiente con relación a la campaña arrocera 2021-2022, una producción anual que alcanzó las 279 735.50 toneladas, de las cuales la provincia de Camaná produjo 119 523.15 toneladas, lo que representa el 42 % del total. (Gestión Regional de Fincas en Arequipa)

Tabla 13.*Producción anual de la campaña agrícola 2021-2022 región Arequipa*

Variabales	Total, Ejecutado
Superficie Verde (ha.)	
<i>Siembras (ha.)</i>	20 231.00
<i>Cosechas (ha.)</i>	20 231.00
<i>Rendimiento (Kg./ha.)</i>	13 827.07
<i>Producción (t.)</i>	279 735.50
<i>Precio Chacra (S/Kg.)</i>	1.30

Fuente: Gerencia Regional de Agricultura de Arequipa**2.2.7 La Ceniza de Cascarilla de Arroz en la Construcción**

La ceniza de cascarilla de arroz es como un ingrediente especial que puede añadirse al hormigón en lugar del cemento. Esto procede de que las plantas de arroz tienen partes sobrantes. Utilizar ceniza de cascarilla de arroz en la construcción es una buena idea porque ayuda al medio ambiente y hace que el hormigón sea más resistente. Los molinos de arroz regalan las cáscaras de arroz, así que es una buena manera de utilizar algo que de otro modo se tiraría.

Para entender realmente cómo funciona la cáscara de arroz en el hormigón, tenemos que aprender más sobre sus propiedades. Cuando el arroz se cultiva, produce muchas cosas extra, como la cáscara. La cáscara es muy ligera y ocupa mucho espacio. También tiene una superficie áspera y rasposa, lo que significa que no se descompone fácilmente por sí sola. Esto puede crear problemas a la hora de deshacerse de ella.

Una idea muy buena para ayudar al medio ambiente es encontrar nuevos usos para las cosas que nos sobran cuando fabricamos otras. Una industria que puede utilizar muchos restos de cascarilla de arroz es la del cemento y el hormigón.

La ceniza de cascarilla de arroz es muy útil para fabricar hormigón. Procede de países donde se cultiva mucho arroz. La ceniza se mezcla bien con el cemento, lo que ayuda a que el hormigón sea más resistente. Por eso, al hacer hormigón, es importante incluir ceniza de cascarilla de arroz.

Para que a las empresas les vaya bien en el mundo, tienen que pensar en cosas como utilizar la energía con prudencia y reciclar los residuos. La cáscara de arroz es una parte del arroz que suele utilizarse para muchas cosas diferentes. Se compone de ciertos materiales y tiene una estructura especial que la hace ligera y grande.

Cuando se tiene un gran montón de arroz, también se obtiene un montón más pequeño de algo llamado cáscara de arroz. Esta cáscara de arroz no es perjudicial para las personas ni para la tierra, pero tarda mucho tiempo en descomponerse. La industria arrocería ha encontrado una forma

de utilizar esta cáscara de arroz para producir calor y electricidad porque tiene mucha energía y no cuesta mucho.

Cuando quemamos cáscara de arroz para producir electricidad, a veces no controlamos bien la temperatura. Esto puede crear cenizas sobrantes llamadas cenizas residuales, que contienen mucha sílice. La combustión de la cáscara de arroz también elimina algunas partes de la cáscara, dejando una estructura porosa. La ceniza residual representa aproximadamente el 20% del peso de la cáscara de arroz original.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- **Análisis Granulométrico.** Es una forma de mostrar cuántas partículas hay y qué tan grandes son.
- **Agregado grueso.** Los grandes trozos de roca se separan y se guardan en un tamiz especial. Estas rocas se pueden encontrar de forma natural o hechas por personas, y tienen que cumplir con ciertas reglas y límites.
- **Agregado fino.** Es algo que se hace cuando las rocas se rompen naturalmente o a propósito. Pasa por un tamiz especial que solo deja pasar ciertos calibres. También sigue ciertas reglas establecidas por un estándar NTP 400.037.
- **Agua.** El agua que usamos para hacer y endurecer el concreto debe ser un tipo específico de agua que cumpla con ciertas reglas. Es mejor si el agua está limpia y segura para beber.
- **Cemento.** Un aglutinante es como un material especial que puede absorber agua. Se hace calentando rocas o arcilla, y cuando se moja, se vuelve muy dura y pegajosa.
- **Ceniza de la Cascarilla del arroz.** Las cáscaras de arroz se pueden quemar para hacer algo llamado producto. Este producto se puede hacer artesanal o industrialmente.
- **Consistencia.** Esta es una forma de medir qué tan húmeda o seca está una mezcla. Cuando la mezcla está húmeda, el concreto fluirá más fácilmente cuando se vierte.
- **Concreto.** Esta es una forma de medir qué tan húmeda o seca está una mezcla. Cuando la mezcla está húmeda, el concreto fluirá más fácilmente cuando se vierte.
- **Concreto Endurecido.** La etapa final del concreto es cuando se ha endurecido por completo y se vuelve lo suficientemente fuerte.
- **Concreto Freso.** La etapa inicial del concreto es cuando se vierte por primera vez y todavía es suave y fácil de moldear, antes de que se vuelva duro y sólido.
- **Curado de concreto.** Cuando vertemos concreto, debe permanecer húmedo y tibio para que pueda volverse fuerte y tener las cualidades adecuadas. Si se seca demasiado rápido,

no se volverá tan fuerte como queremos. Necesitamos asegurarnos de que permanezca húmedo y tibio por un tiempo para que pueda volverse realmente fuerte y resistente.

- **Diseño de Mezcla.** Para hacer algo fuerte y duradero, necesitamos mezclar diferentes materiales. Estos materiales incluyen rocas, cemento, agua y, a veces, otras cosas. Tenemos que mezclarlos en las cantidades correctas ya la velocidad correcta para que sea fácil trabajar con ellos. Esto es realmente importante porque depende de dónde lo estemos usando.
- **Fraguado.** Mezclar concreto o mortero con agua es como hacer un tipo especial de mezcla que se calienta y se endurece con el tiempo, al igual que los bloques de construcción.
- **Resistencia.** Esto significa que la fuerza máxima que el concreto puede soportar sin romperse se llama resistencia. El concreto está hecho para manejar las fuerzas que lo empujan o aprietan, por lo que usamos la fuerza para ver qué tan bueno es el concreto para manejar estas fuerzas.
- **Resistencia mecánica del concreto.** La resistencia es cuánto peso puede soportar el concreto en un lugar determinado. Se mide como esfuerzo y generalmente se escribe como kg/cm^2 .
- **Tiempo de fraguado del concreto.** Tiempo que tarda el cemento, el mortero o el concreto en pasar de ser suave y húmedo a ser duro y sólido. Se puede medir al ver qué tan bien resiste ser tocado o movido durante un período de tiempo.
- **Asentamiento del concreto.** Esta es una manera de ver qué tan grueso o líquido es el concreto. Tiene que ver con la humedad de la mezcla. Para probarlo, pusieron una muestra de la mezcla en una forma especial y la aplastaron con un palo. Luego levantaron la forma para ver qué tan fácil o difícil era aplastar el concreto. Eso les ayuda a ver qué tan bien funcionará el concreto antes de que se endurezca.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

Agregar diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz 1 %, 2 %, 3 % y 5 % a un concreto convencional $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ lo hace más resistente y duradero en la región de Arequipa.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- Las propiedades físicas de los agregados de la zona no influyen en las propiedades del concreto fresco.
- Al determinar el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz, se incrementa la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.
- Al determinar el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz, se incrementa la resistencia a tracción de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.
- Al aumentar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, se incrementa la trabajabilidad.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.2.1 Variable Dependiente

Resistencia a la compresión y tracción del concreto.

3.2.2 Variable Independiente

Concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 14.

Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Escala	Instrumento de medición	Herramientas
Variable independiente: Concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz	Antes de usar la cáscara de arroz, debe calentarse a cierta temperatura. Este proceso de calentamiento crea algo llamado ceniza de cascarilla de arroz que es muy útil para fortalecer el concreto (Bastidas y Ortiz, 2016).	Mezclar un ingrediente especial llamado Portland con otras cosas ayuda a que el mortero y el concreto sean muy fuertes. Esto significa que podemos usar menos agua al hacerlos. (Jaime y Portocarrero, 2018).	Porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de arroz	1 % 2 % 3 % 5 %	Kg (relación al peso del cemento)	Cuantitativa continua	-Balanza	- López & Salcedo (2021) - Arévalo & López (2020) - Montero (2019) - Juárez (2012)
			Trabajabilidad y consistencia del concreto adicionado	- Slump (revenimiento)	- pulgadas	Cuantitativa continua	- Regla - Cono de Abrams	- ACI 211.1 - Rivva López (Diseño de Mezcla de Concreto - ICG)
			Evaluación económica	- Costo de materiales - Costos de transporte - Costo de diseño de mezcla - Costo de la ceniza de cascarilla de arroz - Rendimiento material	- soles por metro cúbico	Mixta	Cotizaciones	- Boletín técnico CAPECO 2022

Variable dependiente: Resistencia a la compresión y tracción del concreto.	La resistencia a la compresión es qué tan fuerte es el concreto cuando lo empujas con mucha fuerza. Mide cuánta presión puede soportar antes de romperse.	Resistencia a la compresión	Durabilidad	Mpa	Cuantitativa continua	Prensa hidráulica	Norma NTP - 339.034 2008
	La resistencia a la tracción significa cuánto se puede tirar o estirar algo antes de que se rompa. (Cabaniñas, 2017). (Amasifuen & Romero, 2021)	Resistencia a la tracción	- Resistencia de tensión final Ductilidad	Mpa	Cuantitativa continua	Prensa hidráulica	NTP 339.084-2017

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis de investigación posee un enfoque cuantitativo y utiliza una forma de recopilar información que implica hacer experimentos y medir cosas como qué tan fuerte es algo. Este tipo de investigación nos da números como respuestas (Behar, 2008).

4.2 TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta tesis de investigación es de tipo experimental, puesto que busca la relación causa y efecto entre dos variables; se pretende comprobar la hipótesis a partir de la manipulación o estímulo la variable independiente (concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz) y el efecto que tiene esta sobre la variable dependiente (resistencia a la compresión y tracción del concreto) Calderón, (2022).

A continuación, se describe el tipo de investigación en función de su estructura mencionando diversos autores:

Tabla 15.

Tipos de investigación

Autor	Tipo de investigación
Rojas (2013)	<ul style="list-style-type: none">• Por las variables: Simple.• Por las técnicas de obtención de datos: Alta estructuración.• Por la ubicación temporal: Transversal.• Por la naturaleza de los objetivos: Experimental.• Por la orientación: A conclusiones.
<u>Sanca</u> (2011)	<ul style="list-style-type: none">• Por el lugar: De laboratorio y de campo.• Por el objeto de estudio: Aplicada.• Por el tiempo: Sincrónicas.• Por la naturaleza de la información: Cuantitativa.• Por la extensión del estudio: De campo.
Behar (2008)	<ul style="list-style-type: none">• Por su objetivo general: Correlacional• Por el nivel del conocimiento: Experimental.• Por el propósito o finalidad: Aplicada.• Por los medios de obtener datos: De campo.

Fuente: Elaboración propia

4.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis de investigación tiene un nivel descriptivo, ya que su propósito es examinar la naturaleza y manifestación de un fenómeno junto con sus componentes constituyentes. Es útil para desglosar esencialmente el fenómeno investigado mediante la medición de uno o varios de sus atributos. (Behar, 2008). Esta investigación estudiará cómo el concreto elaborado con ceniza de cascarilla de arroz es diferente del hormigón normal. Examinará las diferentes partes del concreto y cómo funcionan juntas.

También será explicativo porque se encontrará las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. El propósito fundamental consiste en brindar una explicación sobre la razón de la ocurrencia de un fenómeno y bajo qué circunstancias se manifiesta. (Behar, 2008).

4.4 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

El método de investigación es experimental. Significa que se manipulan las variables y se observa lo que sucede debido a ese cambio. Hacen esto en una situación controlada para ver cuáles son los resultados (Behar, 2008).

En esta investigación se manipulará las adiciones con ceniza de cascarilla de arroz en 1 %, 2 %, 3 % y 5 %, y mediante uso de probetas se controlará su tiempo de curación de concreto de 7, 14 y 28 días para observar el comportamiento mecánico (compresión y tracción) que estas ofrecen en estos intervalos.

4.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es experimental. Se caracteriza principalmente por el trabajo con grupos intactos, es decir, el investigador no tiene la posibilidad de asignar de manera aleatoria a los sujetos a las condiciones de tratamiento, al grupo control (probetas de concreto $f'c=210$ kgf/cm²) o al grupo experimental (probetas de concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 1 %, 2 %, 3 % y 5 %), pero sí tiene la posibilidad de controlar las observaciones, cuándo y a qué grupo (Huairé et al, 2022).

4.6 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.6.1 Población

En nuestra investigación, hay cuatro tipos diferentes de hormigón. El primer tipo es el hormigón regular. A los otros tipos se les agrega un adicionante especial denominado ceniza de cáscara de arroz. La cantidad de ceniza de cascarilla de arroz añadida es del 1%, 2%, 3% o 5% del peso del cemento utilizado.

4.6.2 Muestra

Se prueba diferentes tipos de hormigón para ver qué tan fuertes son. Se ensaya 9 muestras regulares de concreto y 27 muestras con ceniza de cáscara de arroz mezclada con diferente dosificación como 1%, 2% y 3%. Luego, son curadas durante 7, 14 o 28 días antes de ensayarlas.

4.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.7.1 Técnicas de Recolección de Datos

En la siguiente investigación se empleará las siguientes técnicas.

- **Observación:** Permite comparar dos o más tipos de concreto. Un tipo de concreto usa algo de cemento Portland sin adición, y el otro tipo usa ceniza en lugar de parte del cemento. Se usan herramientas especiales en un laboratorio para ver qué tan fuerte es el concreto midiendo cuánta presión puede soportar y cuánto se puede estirar, se hace esto durante algunas semanas para ver si un tipo de concreto es más fuerte que el otro.
- **Análisis de documental:** Mediante esta técnica se recolecta información relevante relacionado con el tema de estudio de libros, tesis, artículos, ensayos, etc, con la finalidad de tener claro el procedimiento y metodologías que involucra la investigación.
- **Ensayos de laboratorio:** Mediante esta técnica se recaba información mediante algunas pruebas para comparar qué tan bien funciona el concreto hecho con cemento regular y el concreto hecho con adición.

- **Entrevista:** Mediante esta técnica se recaba información directamente de personas involucradas o especialista en el tema.

4.7.2 Instrumentos de Recolección de Datos

4.7.2.1 Guías de Observación

Se emplea formatos y fichas de registro de información estandarizados para toma datos de los diferentes ensayos a los componentes del concreto.

4.7.2.2 Guías Documentales

Las regulaciones de ASTM y NTP nos muestran los parámetros específicos, para realizar las pruebas de laboratorio correctamente para obtener resultados precisos, estos pueden observarse en la tabla 16.

Tabla 16.*Efecto de las condiciones de combustión en las propiedades de la CCA*

Norma	Descripción
Norma Técnica E.060	Concreto armado
NTP 400.012 – 2001	Granulometría de agregados
NTP 339.185 – 2002	Contenido de humedad
NTP 339.046:2013	Peso Unitario
NTP 339.183:2009	Elaboración de especímenes
NTP 400 021-2002	Peso específico y absorción de agregado grueso
NTP 400.022 – 2002.	Peso específico y absorción de agregado fino
NTP 339.035:2009	Asentamiento
NTP 339.034 2013	Resistencia a la compresión
NTP 339.084-2012	Resistencia a la tracción
ACI 211.1 – 02	Diseño de mezclas

Fuente: Elaboración Propia

4.8 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

A continuación, se muestra en la imagen que explica los procesos a seguir para el análisis de datos.

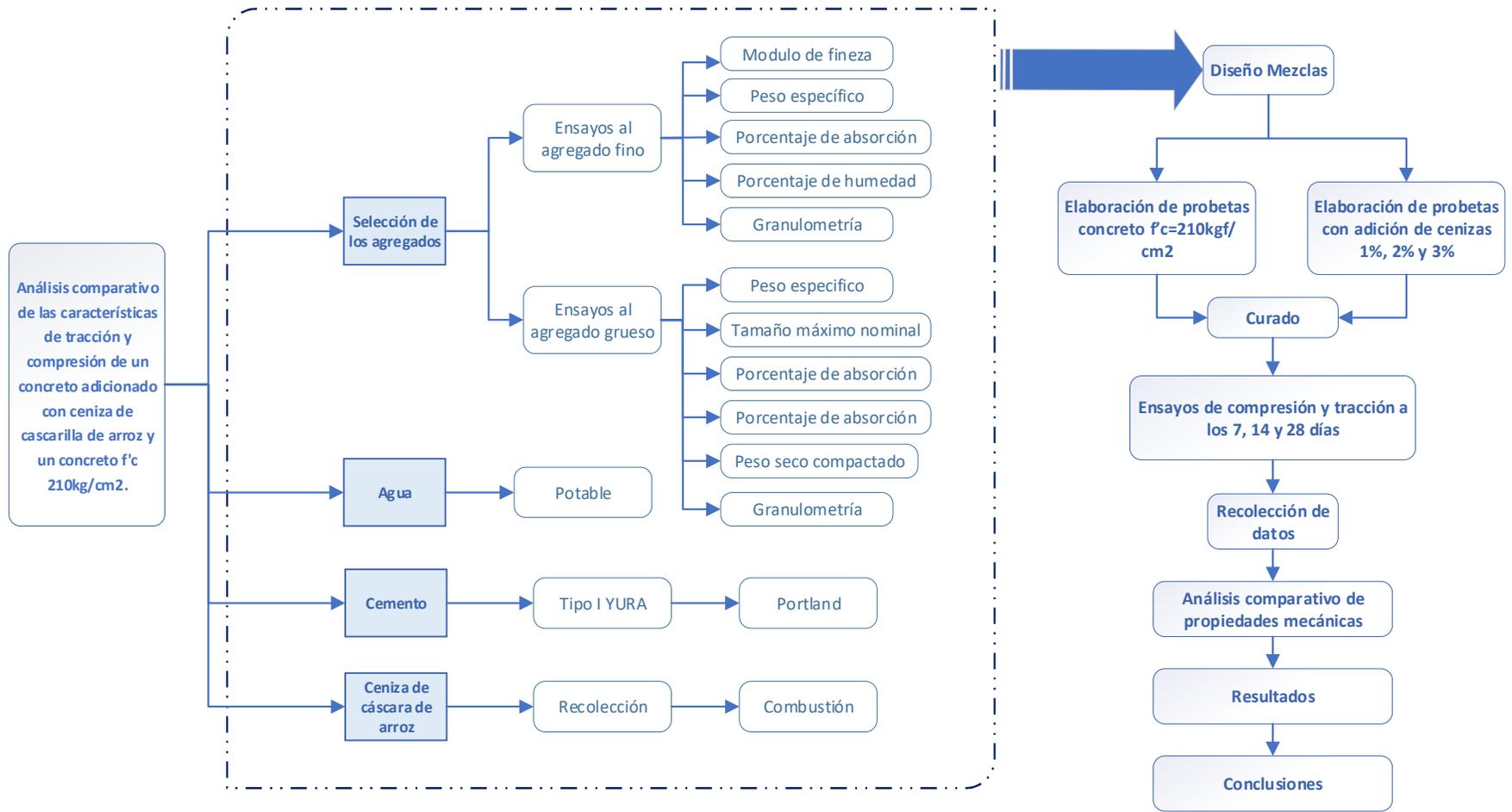


Figura 8. Diseño de la investigación.
Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Los materiales pétreos se obtuvieron de la cantera SUPERMIX, y en laboratorio se obtuvieron sus propiedades, estos resultados se muestran a continuación.

5.1.1 Características Físicas del Agregado Grueso

Esta tabla muestra el aspecto del agregado de la cantera. Descubrimos esta información usando algunos ensayos (ver tabla 17) que se explican en el anexo B.

Tabla 17.

Propiedades físicas del agregado grueso

Agregado Grueso	Valor
TMN	3/4"
Peso seco compactado	1.529 g/cm ³
Peso específico	2.73 g/cm ³
Absorción	1.3 %
Contenido de Humedad	0.4 %

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Características Físicas del Agregado Fino

En la siguiente tabla se detalla un resumen de las propiedades del agregado fino y su detalle se encuentra en el Anexo B.

Tabla 18.

Propiedades físicas del agregado fino

Agregado Grueso	Valor
Peso específico	2.61 g/cm ³
Absorción	1.3 %
Contenido de humedad	0.4 %
Módulo de Fineza	2.7

Fuente: Elaboración propia.

5.2 RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLAS

5.2.1 Determinación de la Resistencia Promedio

Para determinar la resistencia media se tomó como referencia lo establecido en la cláusula 5.3.2 (Resistencia media requerida) de la norma E060, tener presente que cuando no se disponga de datos para determinar la desviación estándar. Cabe señalar que $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$ se calculó tanto para concreto patrón como para el que presenta diferentes dosificaciones de cenizas.

$$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f'cr = f'c + 8.5 \text{ Mpa}$$

$$f'cr = f'c + 86.67 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Por lo tanto: } f'cr = 294 \text{ kgf/cm}^2$$

5.2.2 Selección del TMN del Agregado

Se establece como aquel tamiz superior de la malla que retiene más del 15% de material. Es posible calcularlo luego de haber realizado en análisis de su granulometría y hace referencia al tamaño de partículas global de la muestra analizada.

Se debe tener las siguientes consideraciones para no exceder:

- La quinta parte de la medida más pequeña de un elemento estructural.
- Las tres cuartas partes del espacio libre entre las barras de acero.
- La tercera parte de la dimensión de las losas.
- Es posible no tomar en cuenta los requisitos anteriores a criterio del ingeniero y si la mezcla resultante presenta la trabajabilidad suficiente para el colado adecuado del concreto y no se forme cangrejeras o bolsas de vacíos internas.

Por lo tanto, de acuerdo con los ensayos de laboratorio el TMN será de 3/4”.

5.2.3 Selección del Asentamiento

El asentamiento es importante para ver si el concreto es lo suficientemente fuerte y se puede usar para construir cosas. Podemos medir qué tan bien se mantiene unido el concreto para saber qué lo elementos que podemos construir con él. (ver tabla 16).

- Consistencia seca : 1" a 2"
- Consistencia plástica : 3" a 4"
- Consistencia fluida : 6" a 7"

Tabla 19.

Rangos de asentamiento para elementos estructurales

Tipo de Estructuras	Slump	
	máximo	mínimo
Cimentación armada.	3"	1"
Cimentación simple	3"	1"
Vigas y muros	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente. ACI 211.1

Se considerará un asentamiento máximo de 4" para vigas, muros y columnas.

5.2.4 Cálculo de la relación agua y cemento

Para su cálculo se realizó una interpolación.

Tabla 20.

Relación agua / cemento a los 28 días

f'c a 28 Días (Kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento en peso	
	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	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente. ACI 211.1

Tras la interpolación se calculó una relación agua y cemento igual a 0,68.

5.2.5 Volumen de Agua y Porcentaje de Aire

Para su cálculo nos referenciamos de la siguiente tabla:

Tabla 21.

Cantidades de agua y contenido de aire

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
Concreto sin Aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	12
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Porcentaje de Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
Porcentaje de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211.1

Para el TM =1", el cual es definido como el tamiz por donde pasa el 100% de las partículas de la muestra se tendrá lo siguiente:

- Volumen unitario de agua = 193 l/m³
- Porcentaje de aire incorporado = 3.5%

5.2.6 Cálculo del volumen absoluto del agregado grueso

El volumen del agregado grueso se calculará mediante la siguiente tabla:

Tabla 22.*Cantidades de agua y contenido de aire*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente. ACI 211.1

Tomando en cuenta el TMN de 3/4" y para un módulo de fineza de 2,7 se obtiene un volumen absoluto de 0,63.

5.2.7 Cálculo de la Dosificación

Para el cálculo de la dosificación se siguió la metodología establecida por el ACI 211.1 y sus resultados se muestran a continuación:

- **Datos de los componentes (Ensayos):** Estos son posibles de observar en la siguiente tabla.

Tabla 23.*Propiedades físicas de los componentes del concreto*

Material	Peso Específico	Modulo Fineza	Hum. Natural	Absor ción	P. Unitario Suelto.	P. Unitario Co.
	g/cm ³		%	%	kg/m ³	kg/m ³
Cemento Yura Tipo I	3.15	-	-	-	-	-
Agregado Fino - Supermix	2.61	2.700	0.40	1.30	1605.0	1841.0
Agregado Grueso - Supermix	2.73	5.600	1.60	1.98	1316.0	1529.0

Fuente. Elaboración propia.

- **Valores de Diseño**

Son los siguientes:

Tabla 24.

Valores de diseño

Característica	Valor	Dimensión
Resistencia	210.00	Kg/cm ²
Resistencia requerida	294	Kg/cm ²
Asentamiento	4 a 2	Pulg
Tamaño máximo nominal	3/4	Pulg
Relación agua cemento	0.6800	
Agua	205.00	Lt/m ³
Total, de aire atrapado %	3.50	%
Volumen absoluto del agregado grueso	0.630	

Fuente. Elaboración propia.

- **Cálculo de volúmenes absolutos**

Tabla 25.

Análisis de diseño

Factor cemento	301.471	Kg/m³
Volumen absoluto del cemento	0.0957	m ³
Volumen absoluto del Agua	0.2050	m ³
Volumen absoluto del Aire	0.0350	m ³
Volúmenes absolutos de agregados		
Volumen absoluto del Agregado fino	0.3114	m ³
Volumen absoluto del Agregado grueso	0.3528	m ³
Sumatoria de volúmenes absolutos	1.000	m³

Fuente. Elaboración propia.

- **Cantidad de Materiales Seco**

A continuación, se muestran los pesos secos por metro cúbico.

Tabla 26.

Cantidad de materiales por metro cúbico (seco)

Material	Valor	Unidad
Cemento	301	Kg/m ³
Agua	205	Lt/m ³
Agregado fino	813	Kg/m ³
Agregado grueso	963	Kg/m ³
Peso de mezcla	2283	Kg/m³

Fuente. Elaboración propia.

Pero estos pesos deben corregirse por humedad.

- **Corrección por Humedad**

Tabla 27.

Corrección por humedad

Material	Valor	Unidad
Agregado fino húmedo	816.1	Kg/m ³
Agregado grueso húmedo	978.7	Kg/m ³

Fuente. Elaboración propia.

- **Contribución de Agua de los Agregados**

Tabla 28.

Contribución de Agua de los Agregados

Material	Valor	Unidad
Agregado fino	-7.3	Lts/m ³
Agregado grueso	-3.7	Lts/m ³
Agua de mezcla corregida	215.98	Lts/m³

Fuente. Elaboración propia.

- Cantidad de materiales corregido (húmedo)

Tabla 29.

Cantidad de materiales por metro cúbico por peso húmedo

Material	Valor	Unidad
Cemento	301.47	Kg/m ³
Agua	215.98	Lts/m ³
Agregado fino	816.13	Kg/m ³
Agregado grueso	978.68	Kg/m ³
Peso de mezcla	2312.26	Kg/m³
Cemento	0.201	m ³
Agua	0.216	m ³
Agregado fino	0.508	m ³
Agregado grueso	0.744	m ³
Volumen de la mezcla	1.669	m³

Fuente. Elaboración propia.

- Cantidad de materiales por metro cúbico corregido

Tabla 30.

Cantidad de materiales por metro cúbico

Material	Valor	Unidad
Cemento	301.47	Kg/m ³
Agua	215.98	Lts/m ³
Agregado fino	816.13	Kg/m ³
Agregado grueso	978.68	Kg/m ³

Fuente. Elaboración propia.

- **Proporción en peso (húmedo)**

Tabla 31.

Proporción en peso húmedo

Material	Valor
Cemento	1.0
Agregado fino	2.71
Agregado grueso	3.25
Agua	28.9

Fuente. Elaboración propia.

- **Proporción en volumen (húmedo)**

Tabla 32.

Proporción en volumen húmedo

Material	Valor
Cemento	1.0
Agregado fino	2.53
Agregado grueso	3.70
Agua	31.1

Fuente. Elaboración propia.

- **Peso por tanda de una bolsa**

Tabla 33.

Cantidad de materiales por metro cúbico

Material	Valor	Unidad
Cemento	42.5	kg/bolsa
Agua	30.73	lt/bolsa
Agregado fino	140.86	kg/bolsa
Agregado grueso	153.71	kg/bolsa

Fuente. Elaboración propia.

5.3 RESULTADOS DE ENSAYOS A LOS ESPECÍMENES

La aceptación del concreto consiste en un proceso que involucra ensayos que se realizan a una muestra representativa del concreto suministrado a una obra o proyecto. Los ensayos que se realizan para la aceptación del concreto en estado plástico son la medición de la temperatura, asentamiento, contenido de aire y masa unitaria. En el estado endurecido se realizan los ensayos de resistencia a compresión o flexión y otras propiedades de durabilidad de acuerdo con los requerimientos.

5.3.1 Determinación del óptimo porcentaje de CCA

Antes de realizar el colado de concreto en los diferentes porcentajes considerados (1 %, 2 %, 3 % y 5 %), se realizó la cuantificación de su revenimiento mediante la norma NTP-339.035-1999 que determina el procedimiento para medir los asentamientos en el concreto, en el cual se buscó que tengan un revenimiento como máximo de 4" y mínimo de 1", puesto que el uso que tendrá será para elementos estructurales como vigas, columnas y zapatas de las viviendas, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 34.

Revenimientos de muestras de concreto

Tipo	Asentamiento (pulgadas)	Consistencia
Concreto patrón	3.5	Plástica
Concreto + 1 % CCA	3.0	Plástica
Concreto + 2 % CCA	2.2	Seca
Concreto + 3 % CCA	1.5	Seca
Concreto + 5 % CCA	Menor a 0.5	Muy seca

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, se usó concreto con los porcentajes de CCA de 1 %, 2 % y 3 % desestimando el 5 % por su poca trabajabilidad y consistencia muy seca.



Figura 9. Consistencia y asentamiento del concreto con 5 % de CCA.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Resultados de la Resistencia a la Tracción del Concreto

5.3.2.1 Resultados de Especímenes de Concreto Patrón

Las probetas de este tipo no tuvieron adicción alguna de cenizas y fueron ensayados a esfuerzo de tracción para un diseño de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. La información recopilada a partir del ensayo realizado a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 35.

Resistencia a la tracción del concreto patrón

Edad (días)	Fecha de ensayo	Nº probetas	$\sigma \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
7	12/09/2022	3	15.29
14	19/09/2022	3	19.37
28	03/10/2022	3	20.39

Fuente: Elaboración propia.

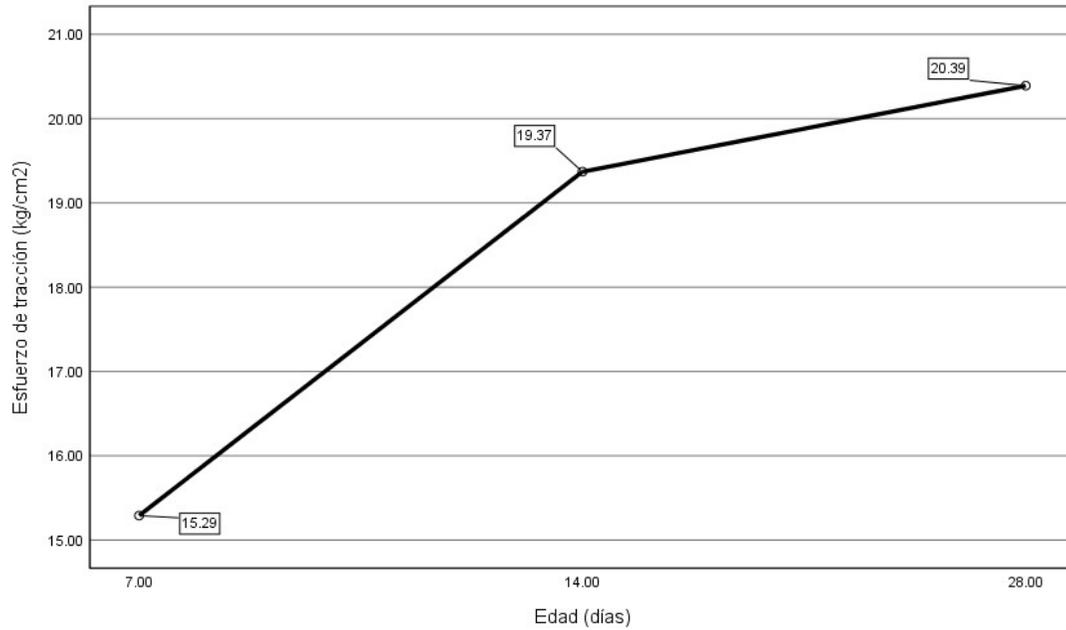


Figura 10. Resistencia a tracción del concreto patrón.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Concreto con 1 % CCA

Las probetas de este tipo tuvieron adición de 1% de ceniza y fueron ensayados a esfuerzo de tracción para un diseño de $f'_c=210$ kg/cm². La información recopilada a partir del ensayo realizado a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 36.

Esfuerzo de tracción de concreto con 1% CCA

Edad (días)	Fecha de ensayo	N° probetas	σ (kg/cm ²)	Porcentaje de incremento
7	12/09/2022	3	19.16	25.23
14	19/09/2022	3	21.33	10.12
28	03/10/2022	3	23.26	14.08

Fuente. Elaboración propia.

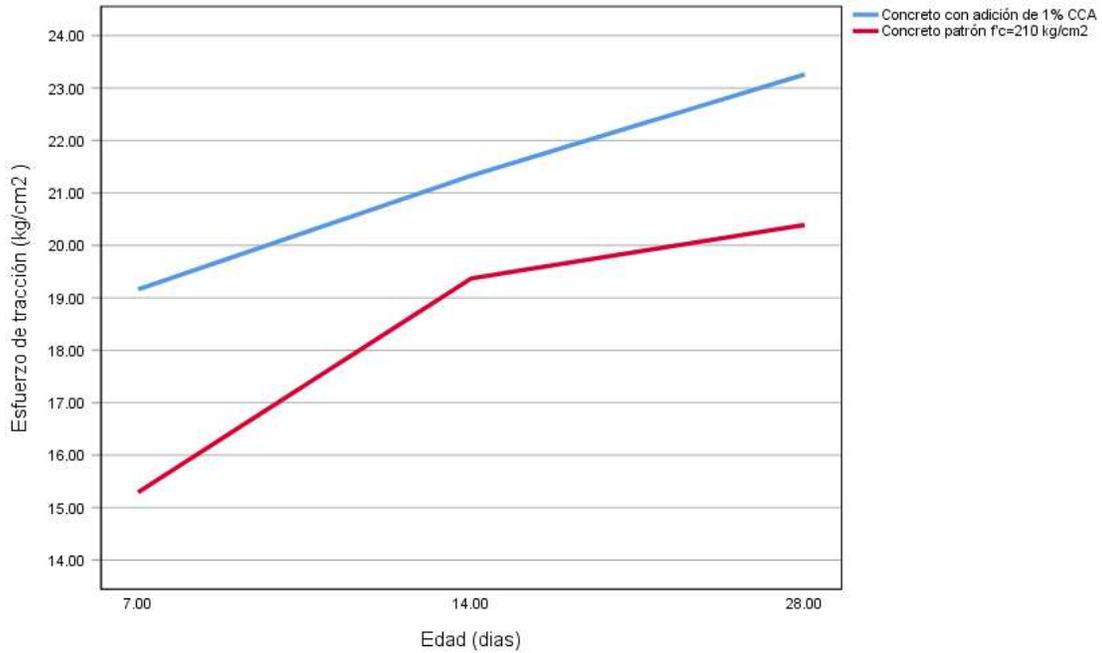


Figura 11. Resistencia a tracción de concreto con 1% CCA
Fuente. Elaboración propia.

5.3.2.3 Concreto con 2 % CCA

Las probetas de este tipo tuvieron adición de 2% de ceniza y fueron ensayados a esfuerzo de tracción para un diseño de $f'c=210$ kg/cm². La información recopilada a partir del ensayo realizado a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 37.

Esfuerzo de tracción de concreto con 2 % CCA

Edad (días)	Fecha de ensayo	Nº probetas	σ (kg/cm ²)	Porcentaje de incremento
7	14/09/2022	3	17.36	13.46
14	21/09/2022	3	20.53	6.00
28	05/10/2022	3	21.06	3.28

Fuente: Elaboración propia.

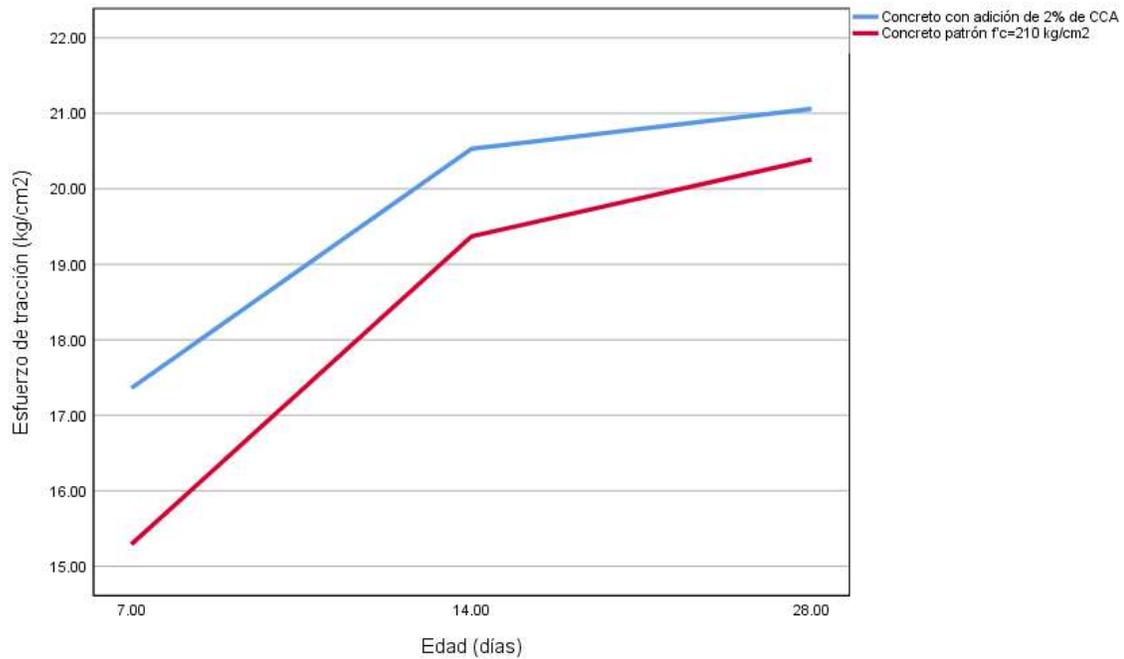


Figura 12. Resistencia a tracción de concreto con 2% CCA.
Fuente. Elaboración propia

5.3.2.4 Concreto con 3 % CCA

Las probetas de este tipo tuvieron adicción de 3% de ceniza y fueron ensayados a esfuerzo de tracción para un diseño de $f'c=210$ kg/cm². La información recopilada a partir del ensayo realizado a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 38.

Esfuerzo de tracción de concreto con 3 % CCA

Edad (días)	Fecha de ensayo	Nº probetas	σ (kg/cm ²)	Porcentaje de incremento
7	15/09/2022	3	17.60	15.03
14	22/09/2022	3	19.83	2.37
28	06/10/2022	3	24.93	22.27

Fuente: Elaboración propia.

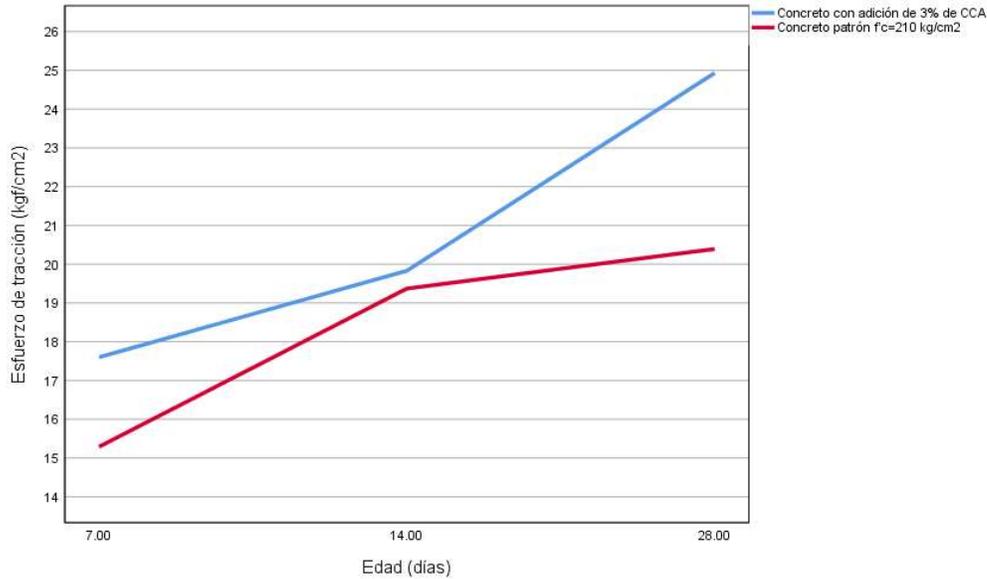


Figura 13. Resistencia a tracción de concreto con 3% CCA.
Fuente. Elaboración propia.

5.3.2.5 Comparación de la Resistencia a la Tracción

Los resultados agrupados del ensayo a tracción se muestran en la figura 14, en él es posible observar el ligero aumento de su resistencia a esfuerzos a tracción, en especial el que presenta un porcentaje de adición del 1% en los primeros días de ensayo y el que logra mayor incremento es el de una dosificación de 3% al ser ensayado a los 28 días.

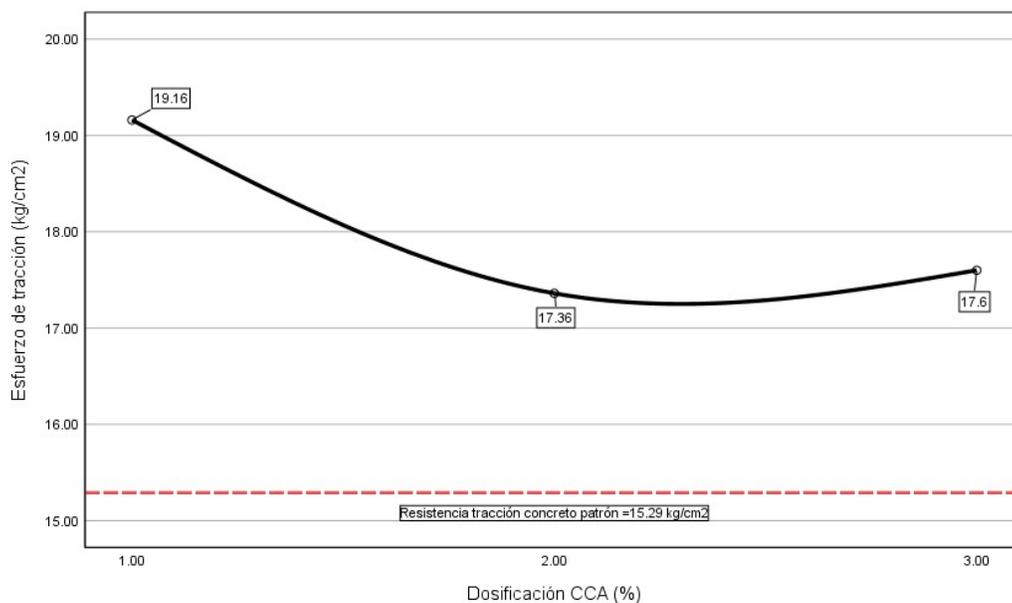


Figura 14. Esfuerzo de tracción del concreto a 7 días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

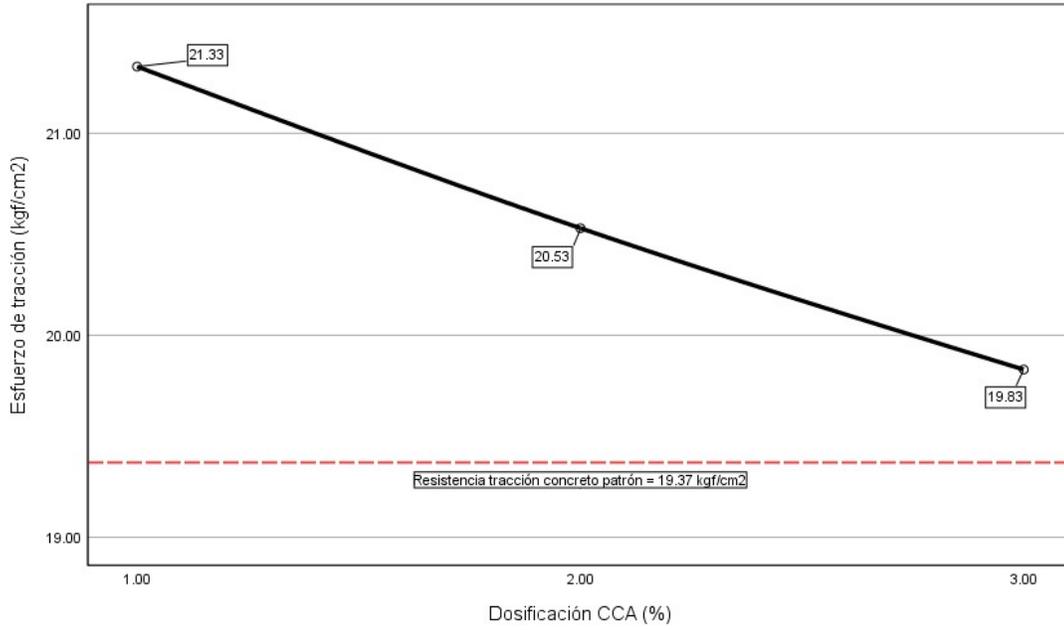


Figura 15. Esfuerzo de tracción del concreto a 14 días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

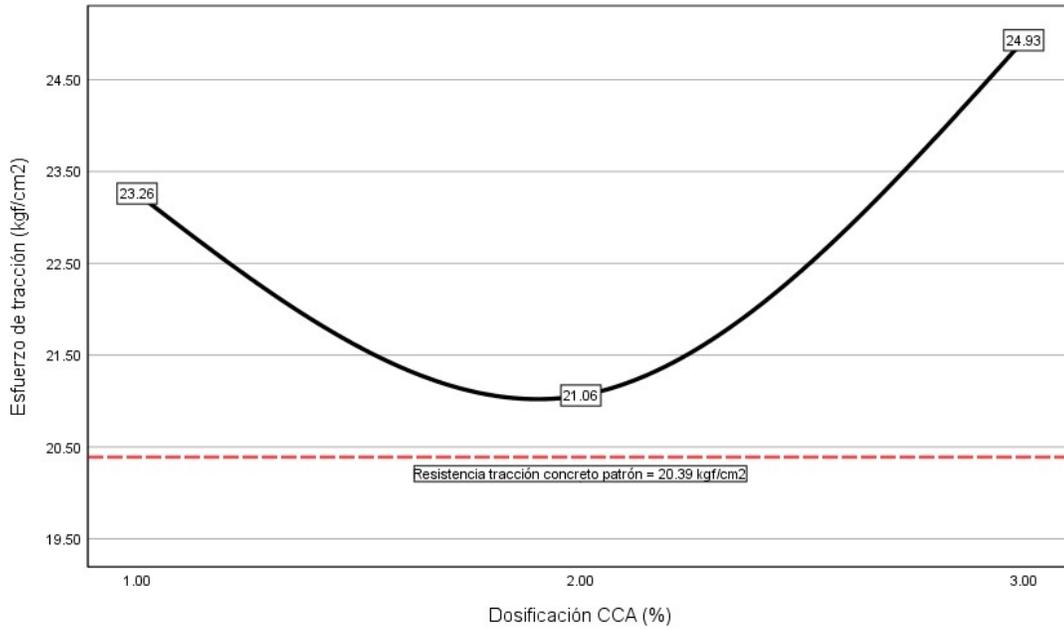


Figura 16. Esfuerzo de tracción del concreto a 28 días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

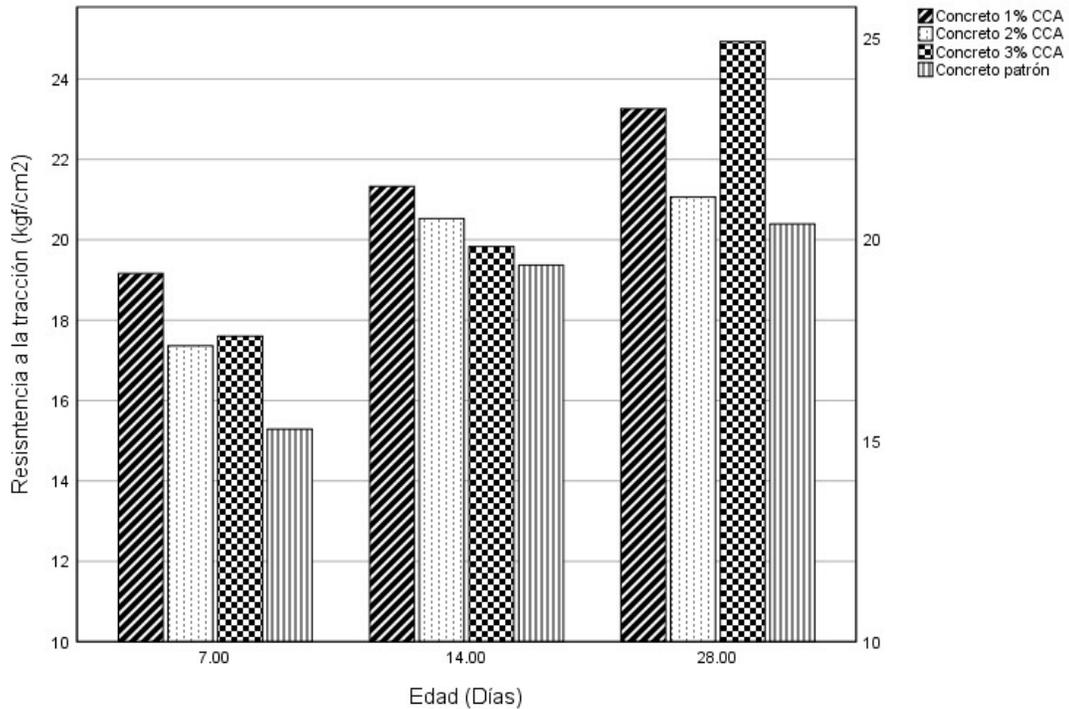


Figura 17. Evolución del esfuerzo a tracción del concreto por días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

5.3.3 Ensayos de Resistencia a la Compresión

5.3.3.1 Concreto Patrón

Las probetas de este tipo no tuvieron adicción alguna de cenizas y fueron ensayados a esfuerzo de compresión para un diseño de $f'c=210$ kg/cm². La información recopilada a partir del ensayo realizado a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 39.

Resistencia a compresión del concreto patrón

Edad (días)	Fecha de ensayo	N° probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)
7	12/09/2022	3	180.69
14	19/09/2022	3	194.05
28	03/10/2022	3	234.64

Fuente. Elaboración propia.

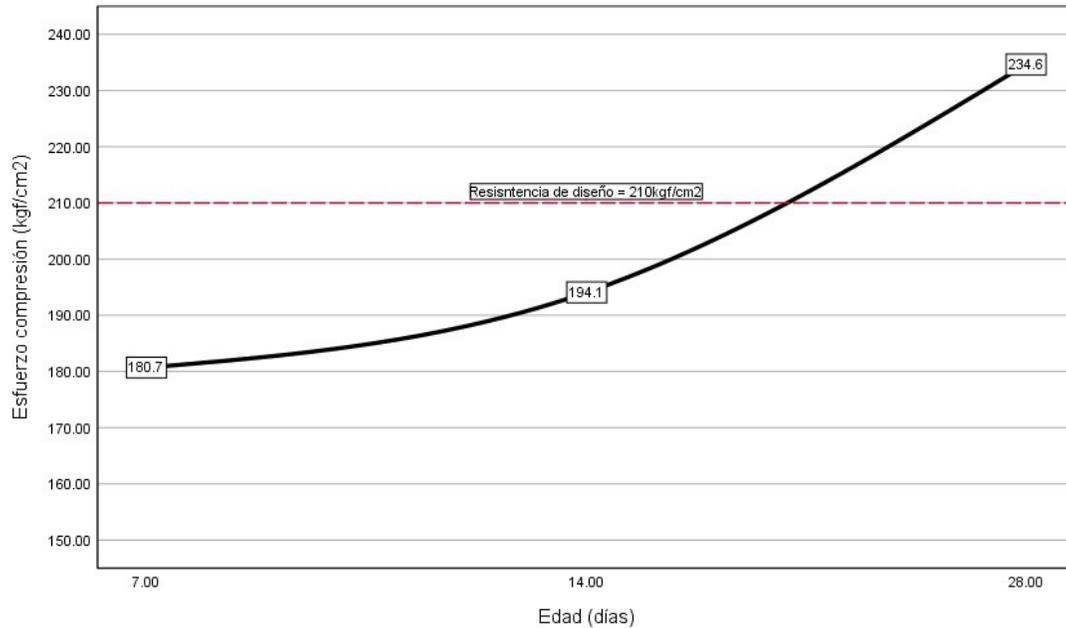


Figura 18. Resistencia a compresión del concreto patrón.
Fuente. Elaboración propia.

5.3.3.2 Concreto con 1 % CCA

A las muestras de concreto se adicionó 1 % del peso de cemento en ceniza de cascarilla de arroz, luego fueron sometidos a un esfuerzo bajo compresión para el diseño $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla. El detalle del cálculo para la obtención de dichos resultados se encuentra en el Anexo C.

Tabla 40.

Esfuerzo de compresión de concreto con 1% CCA

Edad (días)	Fecha ensayo	de N° probetas	f^c_p (kg/cm ²)	Porcentaje de la resistencia patrón
7	12/09/2022	3	156.62	86.68
14	19/09/2022	3	192.93	99.42
28	03/10/2022	3	245.85	104.78

Fuente: Elaboración propia.

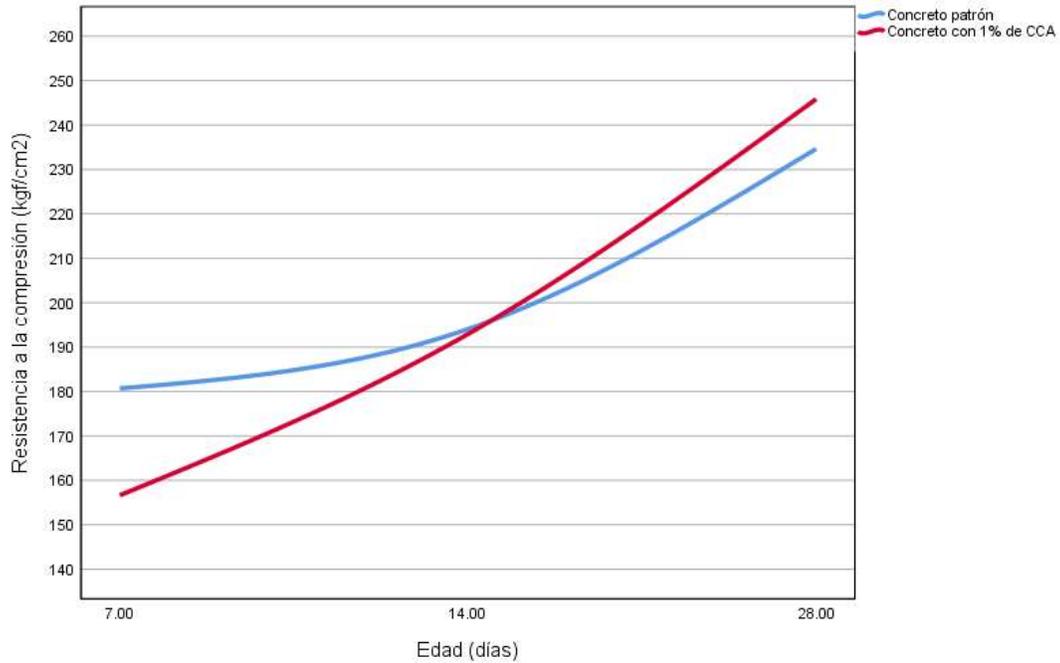


Figura 19. Resistencia a compresión de concreto con 1% CCA
Fuente. Elaboración propia.

5.3.3.3 Concreto con 2 % CCA

Las probetas de este tipo tuvieron adicción de 2% de ceniza y fueron ensayados a esfuerzo de compresión para un diseño de $f'_c=210$ kg/cm². La información recopilada a partir del ensayo realizado del ensayo a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 41.

Esfuerzo de compresión de concreto con 2% CCA

Edad (días)	Fecha de ensayo	Nº probetas	f'_c (kg/cm ²)	% de la resistencia patrón	Asentamiento (pulgadas)
7	14/09/2022	3	158.87	87.92	3.5
14	21/09/2022	3	200.58	103.37	3.5
28	05/10/2022	3	239.02	101.87	3.5

Fuente. Elaboración propia.

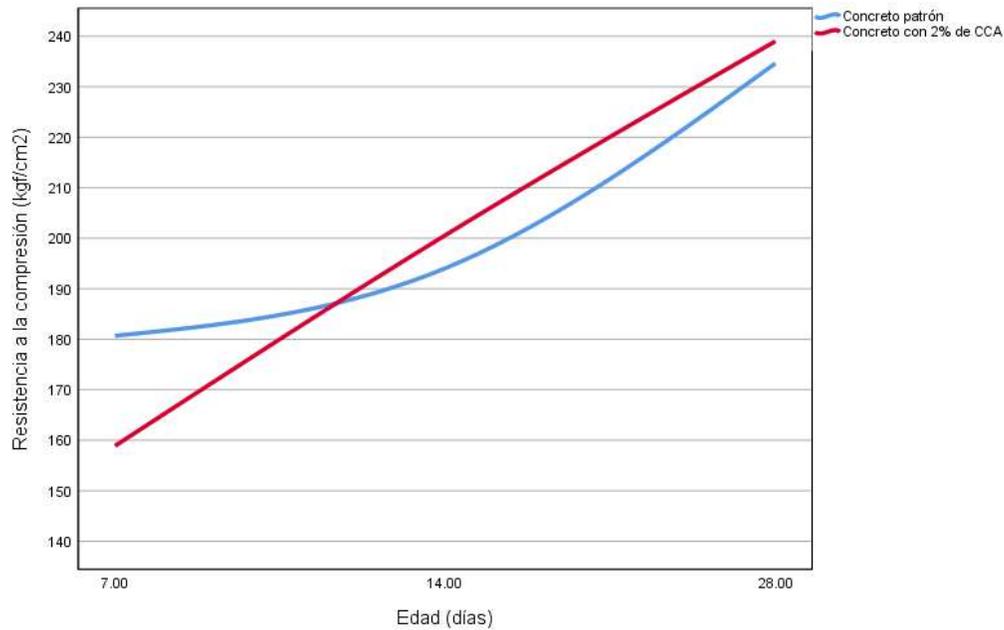


Figura 20. Resistencia a compresión de concreto con 2% CCA
Fuente. Elaboración propia.

5.3.3.4 Concreto con 3 % CCA

Las probetas de este tipo tuvieron adicción de 3% de ceniza y fueron ensayados a esfuerzo de compresión para un diseño de $f'_c=210$ kg/cm². La información recopilada a partir del ensayo realizado a tracción se muestra en el Anexo C y su resumen en la siguiente tabla.

Tabla 42.

Esfuerzo de compresión de concreto con 3% CCA

Edad (días)	Fecha de ensayo	Nº probetas	f'_{cp} (kg/cm ²)	Porcentaje de la resistencia patrón	Asentamiento (pulgadas)
7	15/09/2022	3	177.63	98.31	3.5
14	22/09/2022	3	201.09	103.63	3.5
28	06/10/2022	3	252.68	107.69	3.5

Fuente: Elaboración propia.

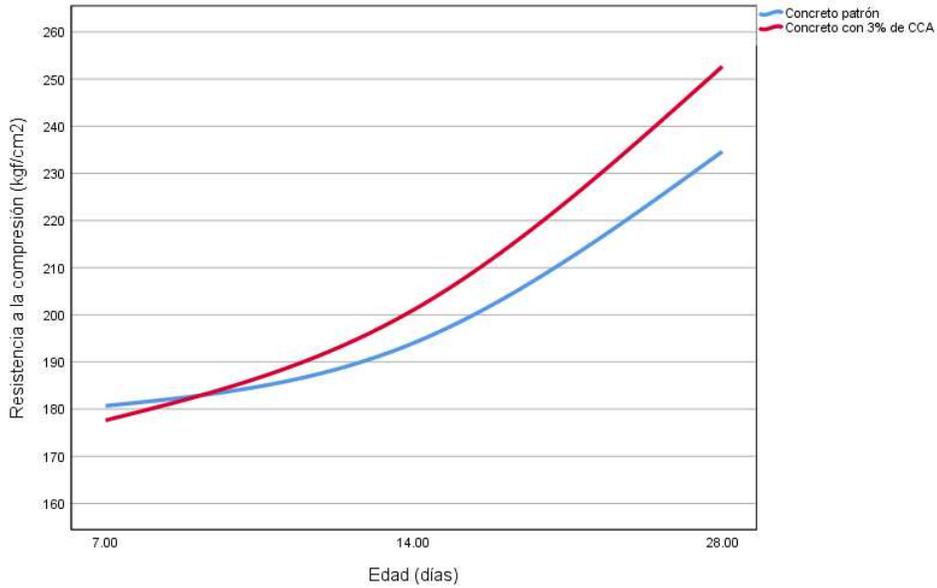


Figura 21. Resistencia a compresión de concreto con 3% CCA
Fuente. Elaboración propia.

5.3.3.5 Comparación de la Resistencia a la Compresión

Los resultados agrupados del ensayo a compresión se muestran en las siguientes figuras, en él es posible observar los ligeros aumentos de su resistencia y el que logra mayor incremento es el de una dosificación de 3% al ser ensayado a los 28 días.

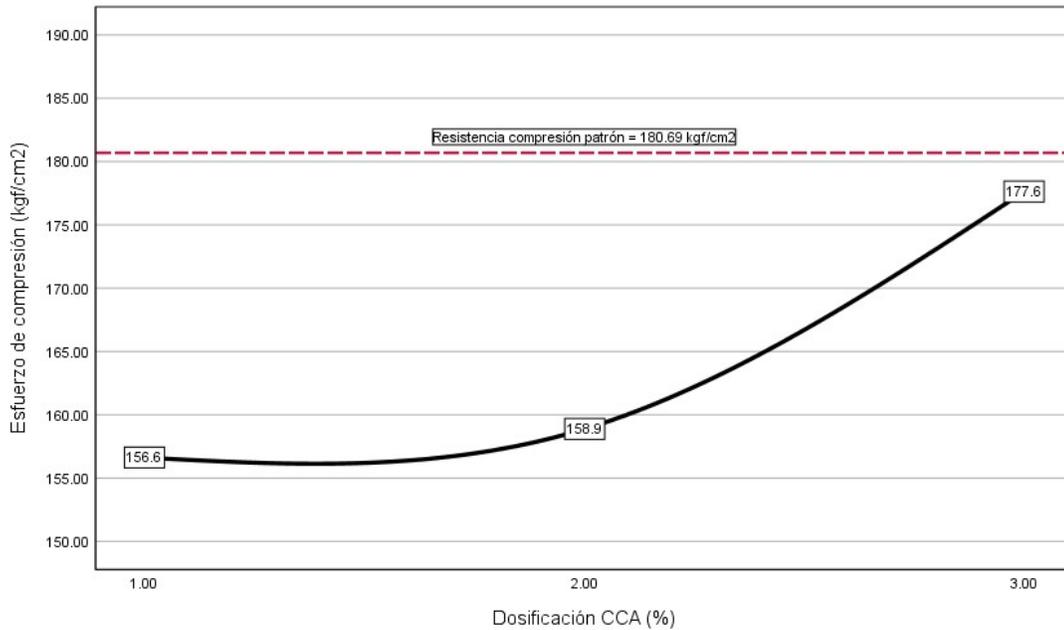


Figura 22. Esfuerzo de compresión del concreto a 7 días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

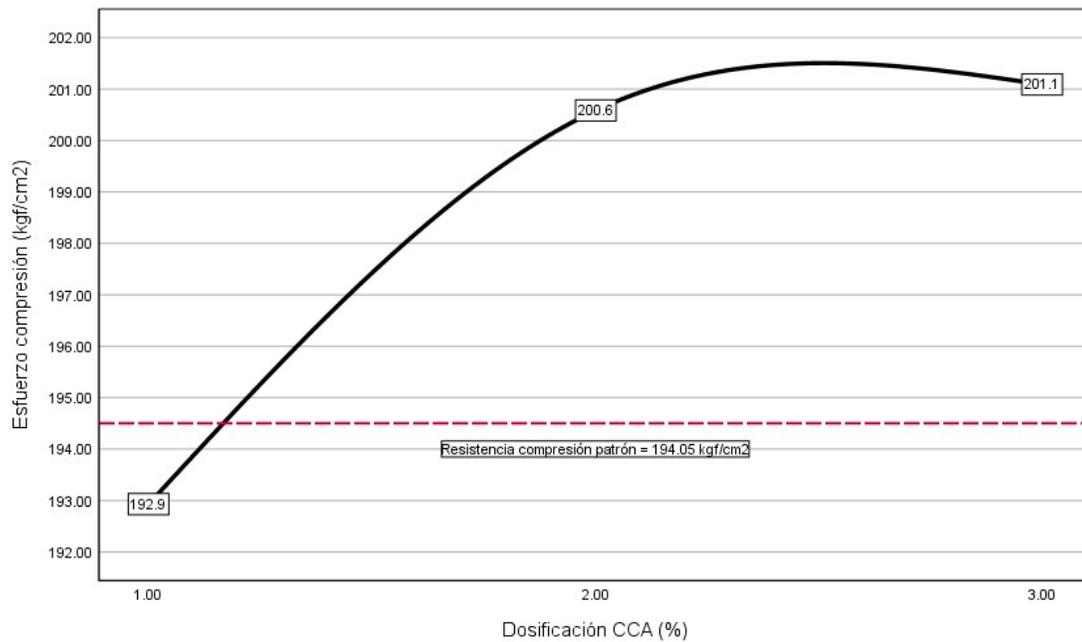


Figura 23. Esfuerzo de compresión del concreto a 14 días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

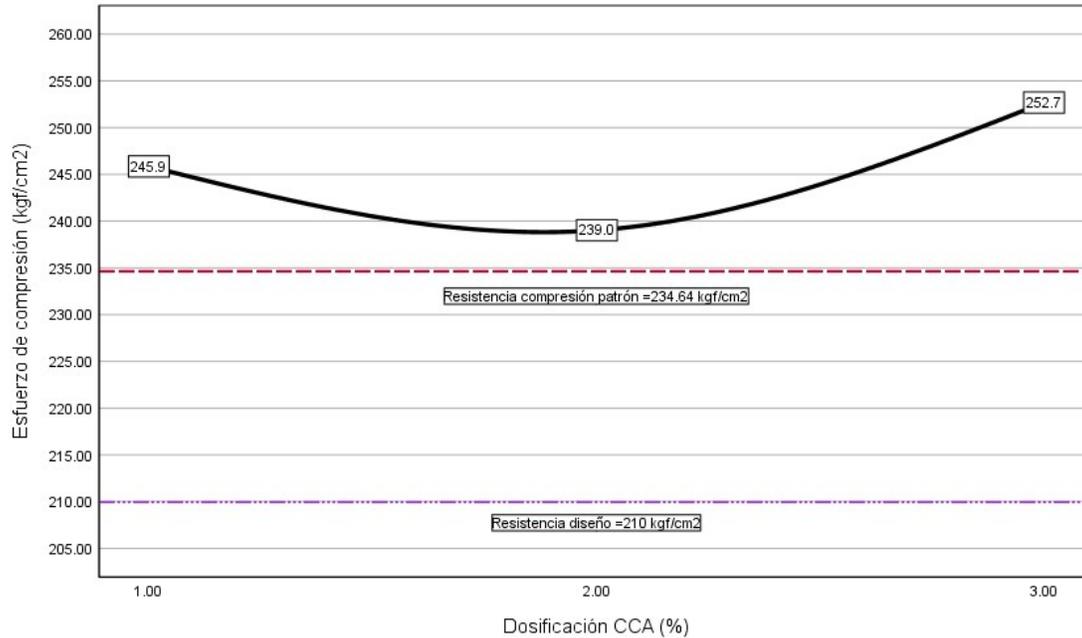


Figura 24. Esfuerzo de compresión del concreto a 28 días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

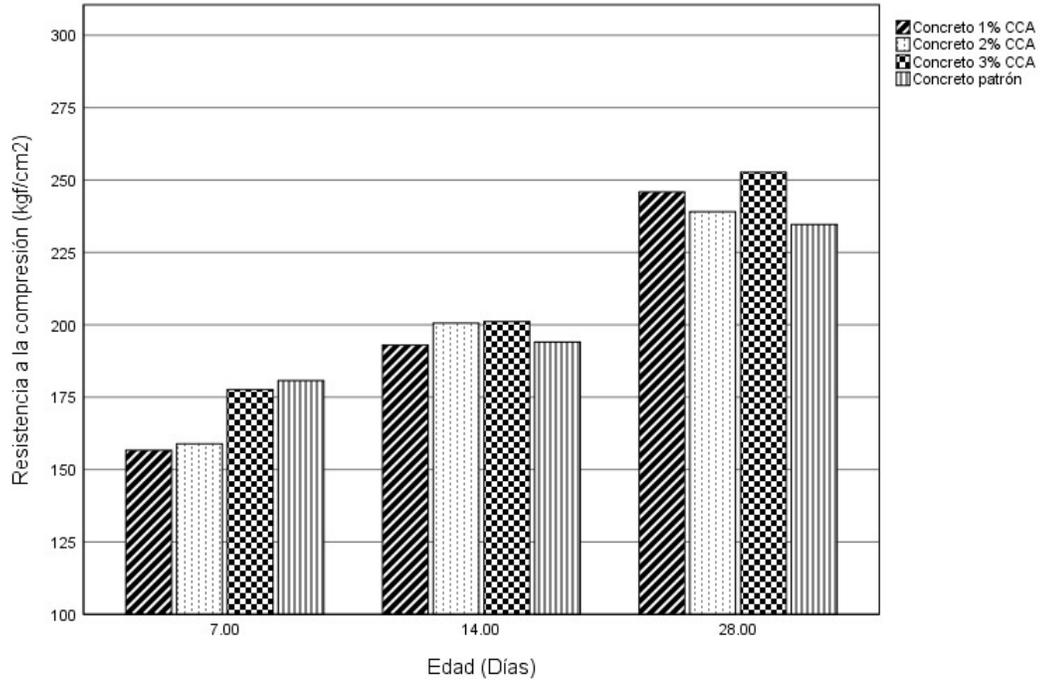


Figura 25. Evolución del esfuerzo a tracción del concreto por días para diferentes dosificaciones.
Fuente. Elaboración propia.

5.3.4 Comparación de Costos

Para realizar el análisis de costos es necesario establecer los precios de los materiales usados en la preparación del concreto con adición, es así que el saco de ceniza de 40kg tiene un valor de S/.4.00 y el valor por tonelada de este residuo es de S/.100.00. El costo de traslado es de S/.120.00 en un camión mediano por tonelada desde el molino hasta el lugar de preparación de los especímenes y ensayo, por consiguiente, el costo por tonelada de la ceniza es de S/. 220.00. Teniendo en cuenta que al reemplazar el cemento por ceniza se reemplazan dos materiales con densidades diferentes (cemento de ceniza), por ello se debe realizar un cálculo de volumen que se muestra a continuación:

- **Para concreto con 1 % CCA**

Peso del cemento: $C = 301.47 \text{ kg/m}^3 * 99 \% = 298.45 \text{ kg/m}^3$

Peso CCA: $CCA = 301.47 \text{ kg/m}^3 * 1 \% = 3.0147 \text{ kg/m}^3$

$$Peso \text{ cemento} = \frac{298.45}{3.1 * 1000} = 0.09627 \text{ m}^3$$

$$Peso \text{ CCA} = \frac{3.0147}{2.16 * 1000} = 0.001395 \text{ m}^3$$

- **Para concreto con 2 % CCA**

Peso del cemento $C = 301.47 \text{ kg/m}^3 * 98 \% = 295.4406 \text{ kg/m}^3$

Peso CCA: $CCA = 301.47 \text{ kg/m}^3 * 2 \% = 6.0294 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Peso cemento} = \frac{295.4406}{3.1 * 1000} = 0.09530 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso CCA} = \frac{6.0294}{2.16 * 1000} = 0.00279 \text{ m}^3$$

- **Para concreto con 3 % CCA**

Peso del cemento $C = 301.47 \text{ kg/m}^3 * 97 \% = 292.4259 \text{ kg/m}^3$

Peso CCA: $CCA = 301.47 \text{ kg/m}^3 * 3 \% = 9.0441 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Peso cemento} = \frac{292.4259}{3.1 * 1000} = 0.094330 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso CCA} = \frac{9.0441}{2.16 * 1000} = 0.004187 \text{ m}^3$$

Tabla 43.

Cálculo de volúmenes de concreto con CCA

Cemento	1 % CCA	2 % CCA	3 % CCA
(f'c=210 kgf/cm ²)			
301.47 kg/m ³	0.001395 m ³	0.00279 m ³	0.004187 m ³

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 44.

Costo por metro cubico de concreto patrón

Material	Diseño	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio por m ³
Cemento (YURA Tipo I)	301.47 kg/m ³	7.093 bolsas (0.200 m ³)	S/. 23.50	S/. 166.68
Agua (Potable)	215.98 Lt	0.216 m ³	S/.0.80	S/. 0.17

Agregado fino (SUPERMIX)	816.13 kg/m ³	0.265 m ³	S/.75.00	S/. 19.88
Agregado grueso (SUPERMIX)	978.68 kg/m ³	0.318 m ³	S/.85.00	S/. 27.03

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, el costo por m³ de concreto patrón f'c=210kgf/cm² será de = S/. 213.76.

Tabla 45.

Costo de concreto f'c=210 kgf/cm²+1 % CCA

Material	Diseño	Cantidad equivalente	Costos Unitario	Precio por m³
Cemento (YURA Tipo I)	298.45 kg/m ³	7.02 bolsas (0.198m ³)	S/. 23.50	S/. 165.03
Agua (Potable)	215.98 lt	0.216 m ³	S/.0.80	S/. 0.17
Agregado fino (SUPERMIX)	816.13 kg/m ³	0.266 m ³	S/.75.00	S/. 19.92
Agregado grueso (SUPERMIX)	978.68 kg/m ³	0.319 m ³	S/.85.00	S/. 27.08
Ceniza (Molino Corpus)	3.015 kg	3.015 kg	S/. 0.22	S/. 0.66

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, el costo por m³ de concreto patrón f'c=210kgf/cm² + 1 % CCA será de = S/. 212.86.

Tabla 46.*Costo de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2+2 \% \text{ CCA}$*

Material	Diseño	Cantidad equivalente	Costos Unitario	Precio por m^3
Cemento (YURA Tipo I)	295.440 kg/m^3	6.952bolsas (0.197 m^3)	S/. 23.50	S/. 163.36
Agua (Potable)	215.98 lt	0.216 m^3	S/.0.80	S/. 0.17
Agregado fino (SUPERMIX)	816.13 kg/m^3	0.266 m^3	S/.75.00	S/. 19.96
Agregado grueso (SUPERMIX)	978.68 kg/m^3	0.319 m^3	S/.85.00	S/. 27.12
Ceniza (Molino Corpus)	6.029 kg	6.029 kg	S/. 0.22	S/. 1.33

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el costo por m^3 de concreto patrón $f'c=210\text{kgf/cm}^2 + 2 \% \text{ CCA}$ será de = S/. 211.94

Tabla 47.*Costo de concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2+3 \% \text{ CCA}$*

Material	Diseño	Cantidad equivalente	Costos Unitario	Precio por m^3
Cemento (YURA Tipo I)	292.425 kg/m^3	6.881 bolsas (0.195 m^3)	S/. 23.50	S/. 161.69
Agua (Potable)	215.98 lt	0.216 m^3	S/.0.80	S/. 0.17
Agregado fino (SUPERMIX)	816.13 kg/m^3	0.267 m^3	S/.75.00	S/. 19.99
Agregado grueso (SUPERMIX)	978.68 kg/m^3	0.320 m^3	S/.85.00	S/. 27.17
Ceniza (Molino Corpus)	9.044 kg	9.044 kg	S/. 0.22	S/. 1.99

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el costo por m^3 de concreto patrón $f'c=210\text{kgf/cm}^2 + 3 \% \text{ CCA}$ será de = S/. 211.02.

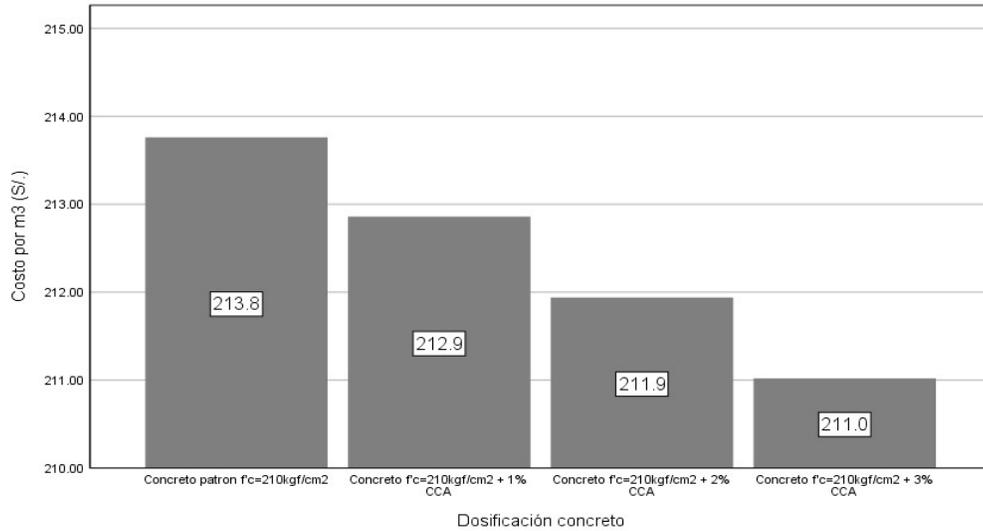


Figura 26. Comparación de costo por metro cúbico de diferentes dosificaciones con CCA.
Fuente. Elaboración propia.

5.3.5 Discusión de Resultados con Respecto a los Objetivos

Con respecto al objetivo principal se realizó el análisis comparativo de los esfuerzos de tracción y compresión de los testigos de concreto obteniendo los siguientes resultados. El primer de ellos muestra el resumen agrupado de los esfuerzos a tracción.

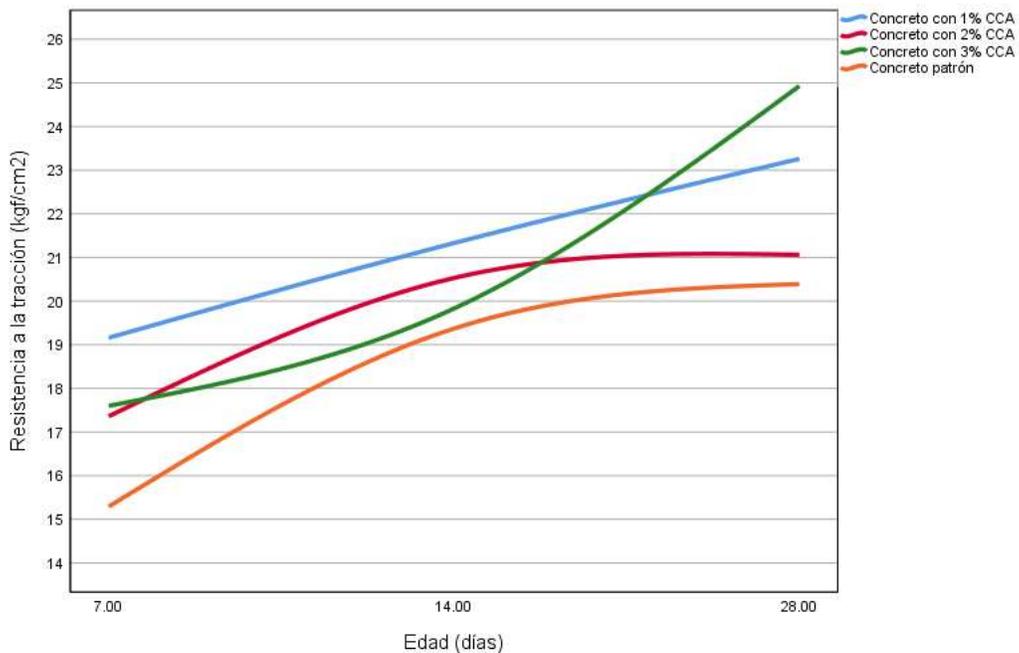


Figura 27. Comparación de la resistencia a la tracción del concreto patrón y con adición CCA
Fuente. Elaboración propia.

Se puede apreciar que el concreto con 1 % de CCA puede ser usado para concretos con resistencia inicial alta y el concreto de 3 % ofrece un crecimiento exponencial considerable y puede ser considerado para la vida útil de la estructura. El resumen de la resistencia a compresión obtenido se muestra a continuación:

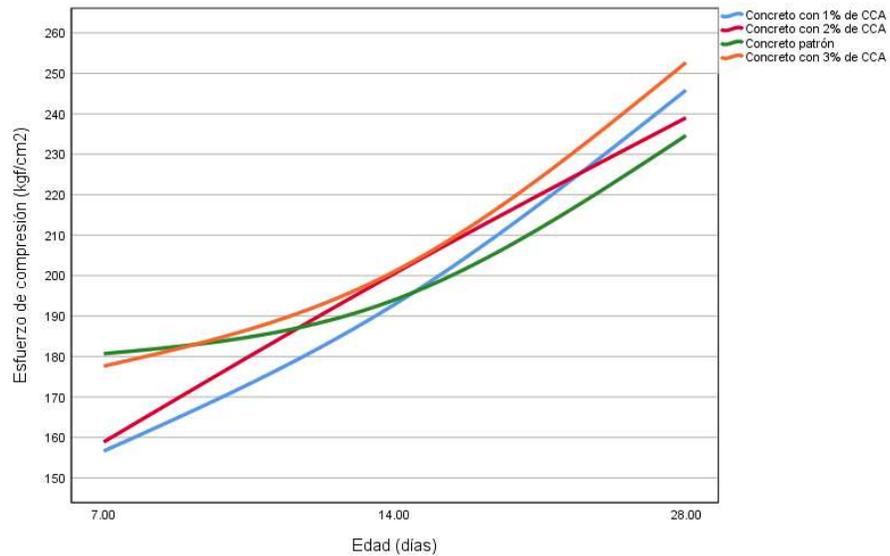


Figura 28. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y con adición CCA.
Fuente. Elaboración propia.

Se observa que el concreto con 3 % de CCA logra un aumento en la resistencia a la compresión en comparación con las otras dosificaciones.

Con respecto al primer objetivo específico se determina las propiedades físicas de los agregados, cuyos resultados sirven para realizar el diseño de mezclas y obtener las proporciones para un diseño de $f'c=210\text{kgf/cm}^2$, a continuación, se muestra el resumen de estas características obtenidas para cada tipo de árido.

Tabla 48.

Resumen de las propiedades físicas de los áridos

Propiedad	Agregado Grueso	Agregado Fino
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	-
Peso seco compactado	1.529 g/cm ³	-
Peso específico de masa	2.73 g/cm ³	2.61 g/cm ³
Absorción	1.3 %	1.3 %
Contenido de Humedad	0.4 %	0.4 %
Módulo de Fineza	5.6	2.7

Fuente. Elaboración propia.

Con respecto al segundo objetivo específico se define el porcentaje óptimo de ceniza de que tras realizar los ensayos de asentamiento del concreto fresco el rango óptimo de ceniza (CCA) es de 1 % a 3 %, mayores a este porcentaje la consistencia es muy seca y el asentamiento del concreto es menor a 0.5” por lo que no presenta trabajabilidad y se desestima, el resumen de resultados se muestra a continuación.

Tabla 49.

Resumen de asentamiento del concreto con CCA

Tipo	Asentamiento (pulgadas)	Consistencia	Uso en la Investigación
Concreto patrón	3.5	Plástica	Si
Concreto + 1 % CCA	3.0	Plástica	Si
Concreto + 2 % CCA	2.2	Seca	Si
Concreto + 3 % CCA	1.5	Seca	Si
Concreto + 5 % CCA	< 0.5	Muy seca	No

Fuente. Elaboración propia.

En cuanto al tercer objetivo específico se establecemos que la resistencia a compresión y tracción del concreto para un diseño de 210kg/cm² es el mostrado a continuación, los cuales servirán para comparar los resultados obtenidos de los concretos con adiciones.

Tabla 50.

Resumen de la resistencia del concreto patrón

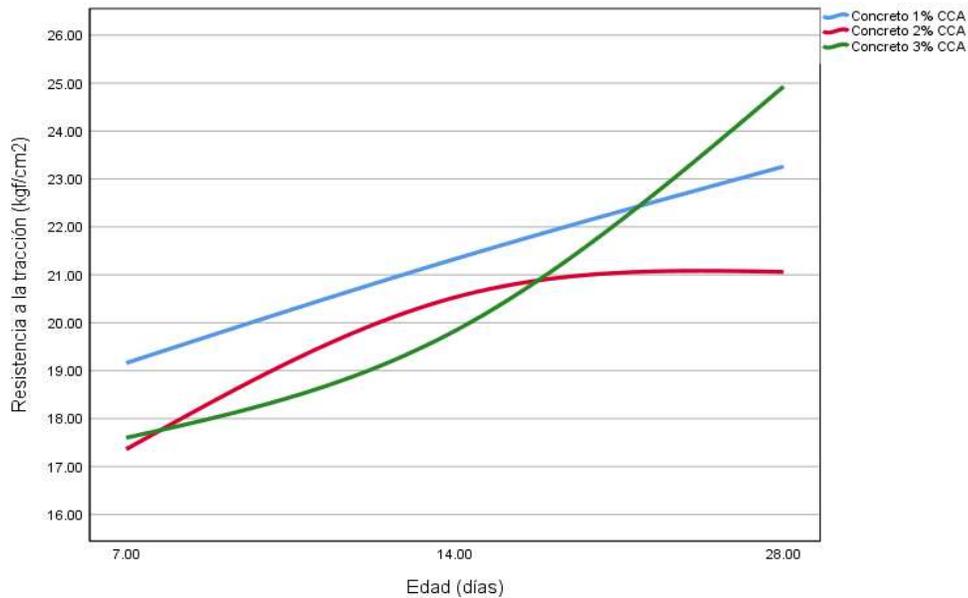
Edad (días)	σ (kg/cm²)	f'cp (kg/cm²)
7	15.29	180.69
14	19.37	194.05
28	20.39	234.64

Fuente. Elaboración propia.

Con respecto al cuarto y último objetivo específico se determina los valores de esfuerzos a compresión y tracción del concreto con adición de CCA, cuyo resultado se muestra a continuación para las diferentes dosificaciones:

Tabla 51.*Esfuerzos a tracción del concreto para diferentes dosificaciones CCA*

Edad (días)	σ (kg/cm ²) 1 % CCA	σ (kg/cm ²) 2 % CCA	σ (kg/cm ²) 3 % CCA
7	19.16	17.36	17.60
14	21.33	20.53	19.83
28	23.26	21.06	24.93

Fuente: Elaboración propia.**Figura 29.** Comparación de la resistencia a la tracción del concreto con CCA.**Fuente.** Elaboración propia.

Donde se observa que el concreto con 1 % CCA presenta tendencia lineal, el concreto con 2 % CCA presenta tendencia logarítmica y el concreto 3 % CCA presenta tendencia exponencial.

Tabla 52.*Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosificaciones CCA*

Edad (días)	f'_{cp} (kg/cm ²) 1 % CCA	f'_{cp} (kg/cm ²) 2 % CCA	f'_{cp} (kg/cm ²) 3 % CCA
7	156.62	158.87	177.63
14	192.93	200.58	201.09
28	245.85	239.02	252.68

Fuente: Elaboración propia.

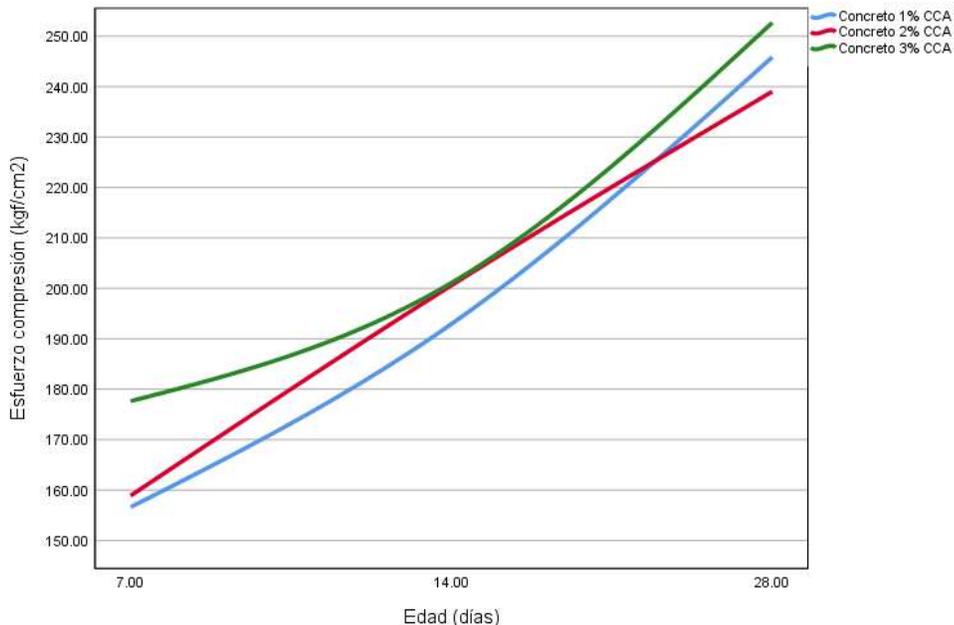


Figura 30. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con CCA.
Fuente. Elaboración propia.

7.1.1 Discusión de Resultados con Respecto a las Hipótesis

La hipótesis general no es válida; si bien agregar ceniza al concreto lo hace más fuerte y capaz de mejorar sus características mecánicas, pero no hace que sea más fácil trabajar con él porque cuanto más ceniza agreguemos, más difícil será mezclar y dar forma al concreto cuando aún está húmedo.

La primera hipótesis específica es válida, puesto que el agregado fino y el agregado grueso si influyen en las propiedades del concreto fresco, y esto se refleja al momento del diseño de mezclas, donde se toman en cuenta estas propiedades para determinar la relación agua cemento y conforme a las condiciones en que se encuentren, se debe realizar corrección del agua de la mezcla y correcciones por humedad del agregado fino y grueso.

La segunda hipótesis específica es válida, porque determinando el rango óptimo de porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz mediante el ensayo de compresión, se obtuvo que el concreto con 3 % CCA ofrece un aumento de 7.69 % en la resistencia a los 28 días.

La tercera hipótesis específica es válida, porque determinando el rango óptimo de porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz mediante el ensayo de tracción, se obtuvo que el concreto con 3 % CCA ofrece un aumento de 22.27 % en la resistencia a los 28 días.

La cuarta hipótesis específica no es válida, porque determinando al incrementar el % de CCA disminuye su trabajabilidad.

CONCLUSIONES

- PRIMERO:** Se concluye que, tras el análisis comparativo en términos de porcentajes en relación al peso del cemento, se adicionó 1 %, 2 % y 3 % de ceniza de cascarilla de arroz, aumentó su resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón en 14.08 % 3.28 % y 22.27 % a la edad de 28 días respectivamente.
- SEGUNDO:** Se concluye que, tras el análisis comparativo en términos de porcentajes en relación al peso del cemento, se adicionó 1 %, 2 % y 3 % de ceniza de cascarilla de arroz, aumentó su resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón en 4.78 % 1.87 % y 7.69 % a la edad de 28 días respectivamente.
- TERCERO:** Se concluye que, del agregado fino y agregado grueso sus propiedades físicas si influyen en las propiedades del concreto fresco que se evidencia en el cálculo de la relación a/c, correcciones de la cantidad de agua y correcciones por humedad de los agregados que afecta directamente en las cantidades del diseño de mezclas y por consiguiente en la trabajabilidad (asentamiento) del mismo.
- CUARTO:** Se concluye que, el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) de la zona de estudio que permite la trabajabilidad del concreto para uso estructural es de 1 % a 3 %, con una consistencia que varía de plástica a seca y un asentamiento del orden de 3.5” a 1.5” respectivamente, lo cual lo vuelve trabajable.
- QUINTO:** Se concluye que, para porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) de la zona de estudio mayores al 5 %, produce que el concreto no sea trabajable con una consistencia muy seca y asentamientos nulos, por lo que se desestimó su uso en la investigación.
- SEXTO:** Se concluye que, del diseño de mezclas patrón se sometió a tracción obteniendo 15.29, 19.37 y 20.39 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente, y la resistencia a compresión es de 180.69, 194.05 y 234.64 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente, obteniendo una tendencia logarítmica en ambos casos.
- SÉPTIMO:** Se concluye que, del diseño de mezclas de concreto con adición de 1 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) se obtuvo una resistencia a tracción de 19.16, 21.33 y 23.26 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente presentando tendencia lineal; con adición de 2 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es de 17.36, 20.53 y 21.06 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente presentando tendencia logarítmica y adicionando un 3 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es de 17.60, 19.83 y 24.93 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente presentando tendencia exponencial.

- OCTAVO:** Se concluye que, del diseño de mezclas de concreto con adición de 1 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) se obtuvo una resistencia a compresión de 156.62, 192.93 y 245.85 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente, presentando tendencia ligeramente exponencial; adicionando 2 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es de 158.87, 200.58 y 239.02 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente presentando tendencia lineal y adicionando un 3 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) es de 177.63, 201.09 y 252.68 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente presentando tendencia exponencial.
- NOVENO:** Se concluye que, el concreto adicionado con 3 % de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) proporciona mayor resistencia mecánica a tracción en 22.27 % y compresión en 7.69 % con respecto a un concreto convencional ($f'_c=210\text{kgf/cm}^2$)
- DÉCIMO:** Se concluye que, el concreto con 3 % de adición de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) reduce su costo en 1.31 % o S/. 2.80 metro cúbico producido con respecto a un concreto convencional ($f'_c=210\text{kgf/cm}^2$)

RECOMENDACIONES

- PRIMERO:** Se recomienda no usar porcentajes de ceniza (CCA) mayores al 5 % por que conlleva que el concreto no sea trabajable con una consistencia muy seca y asentamientos nulos.
- SEGUNDO:** Se recomienda emplear un concreto con 3 % de ceniza (CCA) en las viviendas de la zona de estudio porque proporciona mayor resistencia mecánica a tracción y comprensión.
- TERCERO:** Se recomienda usar el concreto con ceniza (CCA) para pavimentos rígidos por su resistencia a tracción mayor al concreto patrón.
- CUARTO:** Se recomienda para futuros investigadores usar aditivos superplastificantes para porcentajes mayores de 5 % de ceniza (CCA) para poder mejorar la trabajabilidad concreta y obtener resultados más concluyentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁGUILA, I., & SOSA, M. Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, dic. 2008, 23(4). 55–66 pp. ISSN: 0798-4065.
- AMASIFUEN, R. & ROMERO, J. Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, san Martín – 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarapoto – Perú: Universidad Científica del Perú, 2021. 79 pp. Disponible en: <https://cutt.ly/QwqQOe2T>
- ARÉVALO, A. & LOPEZ, L. Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarapoto – Perú: Universidad Nacional de San Martín, 2020. 209 pp. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3740?show=full>
- ASOCEM. Concreto: Léxico Básico, 2013. Disponible en: http://web.asocem.org.pe/asocem/bib_img/98001-8-1.pdf?rand=908Jul2018074802
- ASTM–C-595. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements, 2005.
- BARBA, H. Materiales II. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, 2018. Disponible en: https://hctarelo.weebly.com/uploads/4/6/9/7/46979447/02_fabricacion_del_concreto.pdf
- BASTIDAS, P., & ORTIZ, G. Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en las propiedades físico-mecánicas en mezclas de hormigón estándar. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016. 113 pp. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6350>.
- BEHAR, D. Introducción a la Metodología de la Investigación. Editorial Shalom, 2008. ISBN 978-959-212-783-7. Disponible en: <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-cristiana-de-bolivia/tecnologia-de-alimentos-agricolas/libro-metodologia-investigacion-behar-rivero/8817196>.
- BLESSEN, T Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material – A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. 82, 3913–3923. Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v82y2018ip3p3913-3923.html>
- CABANILLAS, E. Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. 189 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1029>

- COYASAMIN, O, & NAVARRO, C. Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016. 92 pp. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23482>
- DEVIA, A. & VALENCIA, E. (2019). Evaluación de la resistencia del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Gigardot – Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2019. 52 pp. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6479/Monografia%20PDF.pdf>
- EDIL, T., ACOSTA, H. & BENSON, C. Stabilizing Soft Fine-Grained Soils with Fly Ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2006. 18(2), 283-294. ISSN 0899-1561. Disponible en: <https://www.osti.gov/biblio/20741143>
- ESPECIAL, S. (s/f). Modifican la norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones. *Diario Oficial El Peruano*, 2018. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/anexo-de-rm-n-355-2018-vivienda-mediante-la-cual-se-modi-anexo-rm-n355-2018-vivienda-1720685-1>
- ESPIÑOZA, M. & ANTENOR, W. Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2020, Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4476>
- FLORES, M. & YOEL, S. Evaluación de las propiedades del concreto empleando ceniza de cáscara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2019. 223 pp. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8066>
- HARMSSEN, T. *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Fondo Editorial PUCP, 2002.
- HERNÁNDEZ, R. & MENDOZA, C. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas*. México D.F.: McGraw-Hill, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.
- HUAIRE, E., MARQUINA, R., & CALDERÓN, V. Tesis Fácil, el arte de dominar el método científico. Casa editorial Analética, 2022. ISBN: 978-987-88-3311-8. Disponible en: <https://www.academica.org/edson.jorge.huair.inacio/94.pdf>
- IECA. *Componentes y propiedades del cemento*, 2017. Disponible en: <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- INSTITUTO del Concreto. *Manual, Tecnología y Propiedades*. 1997. Colombia: Asociación Colombiana de Productores del Concreto.

- INSTITUTO español del cemento y sus Aplicaciones. Componentes y propiedades del cemento. 17 de octubre de 2017. Disponible en: <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- JAIME, M. & PORTOCARRERO, L. Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018 Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 157 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/13593>
- JAUBERTHIE, R. The effect of surface gypsum deposits on the durability of cementitious mortars under sulphate attack. *Concrete Science and Engineering*, 2000. 2(5). 231–244 pp. ISSN: 1295-2826
- JÚAREZ, B. Utilización de la cascara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados. Universidad San Carlos de Guatemala, 2012.
- KUMAR, A., ET AL. Properties and industrial applications of rice husk: a review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2012. 2(10). https://dspace.agu.edu.vn:8080/handle/agu_library/13233
- KUNTIKANA, G. & SINGH, D. Contemporary issues related to utilization of industrial byproducts. *Advances in Civil Engineering Materials*, 2017 6(1), Disponible en: <https://doi.org/10.1520/acem20160050>
- LÓPEZ, M. & SALCEDO, K. Comportamiento Mecánico de Concreto con Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2021. 110 pp. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4956>
- LÓPEZ, E. *Materiales para el Concreto*. Instituto de la Construcción y Gerencia, 2000
- MAFLA, A., ANDRADE, G., & PAEZ, J. E. Producción y caracterización de películas cerámicas de SiO₂-TiO₂ para su protección contra la corrosión. SLAFES XV, 2002.
- MAFLA, B. Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. Corporación Universitaria minuto de Dios, 2009. Disponible en: <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/47>
- MASIAS, K. Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2018. 119 pp. Disponible en: https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/3484/ICI_254.pdf
- MIDAGRI. Observatorio de las Siembras y Perspectivas de la producción de Arroz. 2021. Boletín Cuatrimestral No 2 – 2021. Disponible en: <https://acortar.link/5feaRe>

- MIDAGRI. Observatorio COMMODITIES: Arroz: Vol. Boletín trimestral N° 02-2022. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego Dirección General de Políticas Agraria / Dirección de Estudios Económicos, 2022.
- MASIAS-MOGOLLÓN, K. Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, 2018. 119 pp. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3484>
- MONTERO, D. Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2017. 50 pp. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6412>
- MONTERO, S. Evaluación de las propiedades del concreto empleando ceniza de cáscara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Pimentel; Universidad Señor de Sipán, 2019. 223, pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8066>
- NEVILLE, A. M. Properties of Concrete, 5ta ed. Prentice-Hall. 2011
- NORMA TÉCNICA PERUANA 334.009. Cementos Portland Requisitos. (3ª ed.). Lima, Perú: INDECOPI. 2005.
- NURTANTO, D. ET AL W. Comparación de la adición de cenizas de cascarilla de arroz y cenizas de tejas a cemento de geopolímero en base a cenizas volantes con cemento Portland. Revista de Ingeniería de Construcción, 2020, 35(3), 287–294. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0718-50732020000300287>
- PASQUEL, E. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. (1ra ed.). Colegio de Ingenieros del Perú, 1992.
- PASQUEL, E. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. (2da ed.). Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
- PELÁEZ, J. & BENITES, J. Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cáscara de arroz y cal. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- RIVERA, G. Concreto Simple. Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2017.
- RIVVA, E. Materiales para el Concreto. Instituto de la Construcción y Gerencia, 2000.
- RIVVA, E. Control Del Concreto en Obra. Fondo Editorial ICG, 2004.
- RODRÍGUEZ, A. & TIBABUZO, M. Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Villavicencio: Universidad Santo Tomás, 2019. 63 pp. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15589>

- ROJAS, R. Guía para realizar investigaciones sociales. Plaza y Valdés S.A. 2013. ISBN: 968-856-262-5. Disponible en: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104210/secme-29474_3.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- SANCA, M. Tipos de investigación científica. Revista de Actualización Clínica, 2011. Vol. 9
- SINCLAIR, S & PACHECO, A Evaluación de propiedades físico-mecánicas y durabilidad de morteros geopoliméricos sintetizados a partir de cenizas de cascarilla de arroz proveniente del trillo Santa Rosa. Universidad Nacional de Ingeniería. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Managua - Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2016. 100 pp. Disponible en: <http://ribuni.uni.edu.ni/1927/1/80660.pdf>
- TARELO, H. Materiales II. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2018.
- THOMAS, B. Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material – A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. 82, 3913–3923.
- VILLEGAS, C. (2012). Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo. Tesis (Maestría). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/1304>

ANEXOS

ANEXO A. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente Concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz.	- Porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de arroz. (1 %, 2%, 3 % y 5 %) - Trabajabilidad y consistencia del concreto adicionado. - Evaluación económica	<p>Tipo de investigación: Experimental, puesto que busca la relación causa y efecto entre dos variables.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo por que recoge información experimental y empírica (resistencia a compresión y tracción del concreto) y que por su naturaleza arroja números como resultados.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo por que analiza cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos</p> <p>Diseño de la Investigación: Tipo experimental, debido a que manipula las variables.</p> <p>Población y Muestra: - Población: La población en nuestro caso está conformada por cuatro diseños de mezcla: el concreto con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución de diferentes porcentajes de ceniza de cáscara de arroz en 1 %, 2 %, 3 % y 5 % - Muestra: Para evaluar las propiedades del concreto se ensayarán 9 especímenes patrones de 210 kg/cm^2 y 27 especímenes con ceniza de cáscara de arroz (CCA) con sustitución de ceniza de cáscara de arroz con respecto al peso del cemento en porcentajes de 1 %, 2 % y 3 % que serán sometidos a edades de 7, 14 y 28 días respectivamente.</p> <p>Instrumento: Guías de observación y guías documentales</p>
¿Cuáles son los cambios en la resistencia de tracción y compresión de un concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz con respecto un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?	Comparar las características de tracción y compresión de un concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz y un concreto patrón de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.	La adición de 1 %, 2 %, 3 % y 5 % de ceniza de cascarilla de arroz mejora en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la región de Arequipa.			
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente: Resistencia a la compresión y tracción del concreto.	-Resistencia a la compresión. - Resistencia a la tracción	
¿Cuáles son las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos a utilizar en la elaboración del concreto?	Determinar las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos a utilizar en la elaboración del concreto.	Las propiedades físicas de los agregados de la zona no influyen en las propiedades del concreto fresco.			
¿Cuál es el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz que permita la trabajabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ destinado a usarse en los elementos estructurales de las edificaciones?	Definir el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz que permita la trabajabilidad del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con fines estructurales.	Al determinar el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz se incrementa la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			
¿Cuál es la resistencia de tracción y compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregados de la zona?	Determinar la resistencia a la compresión y tracción de un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.	Al determinar el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz se incrementa la resistencia a tracción de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			
¿Cuál es la resistencia a la compresión y tracción del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza de cascarilla de arroz?	Determinar la resistencia a la compresión y tracción del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza de cascarilla de arroz.	Al aumentar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, se incrementa la trabajabilidad.			

ANEXO B. Informe de Ensayos



LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y CONCRETO

INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NORMA ASTM C-136

CÓDIGO DE INFORME
LCI-320-2022

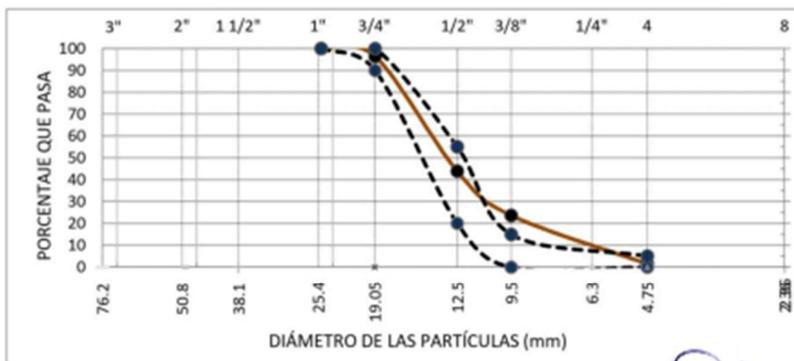
PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210 KG/CM2"		
UBICACIÓN:	CAMANÁ - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA			
PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-326-22
MUESTRA :	AGREGADO GRUESO - GRAVA	CONDICIÓN:	Mab

Wmi	7881
Wp N°4	122
Wmi f	--

GRAVA	98.5%
ARENA	1.5%
FINOS	0.0%

MALLA ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pas. Acumulado	NORMA ASTM C 33	HUSO 6
>3"						
3"	75.00					
2 1/2"	63.00					
2"	50.00					
1 1/2"	37.50					
1"	25.00			100.00	100	100
3/4"	19.00	283	3.59	96.41	90	100
1/2"	12.50	4140	52.53	43.88	20	55
3/8"	9.50	1595	20.24	23.64	0	15
Nº 4	4.75	1741	22.09	1.55	0	5
Nº 8	2.36	122	1.55			
Nº 10	2.00					
Nº 16	1.19					
Nº 30	0.60					
Nº 40	0.425					
Nº 50	0.300					
Nº 80	0.180					
Nº 100	0.150					
Nº 200	0.075					
FONDO						



OBSERVACIONES:

- La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL EN
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115883

Calle Ucayali Mz. J1 Lote 8 Las Malvinas
Cayma - Arequipa
R.U.C. 20455570141

Teléfono: 54-588317 CEL. 959 767 155
OFICINA TÉCNICA: 959 981 094
Email: laboratoriospc@labconsult.pe

INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 NORMA ASTM C-136

CÓDIGO DE INFORME
 LCI-320-2022

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210 KG/CM2"		
UBICACIÓN:	CAMANÁ - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

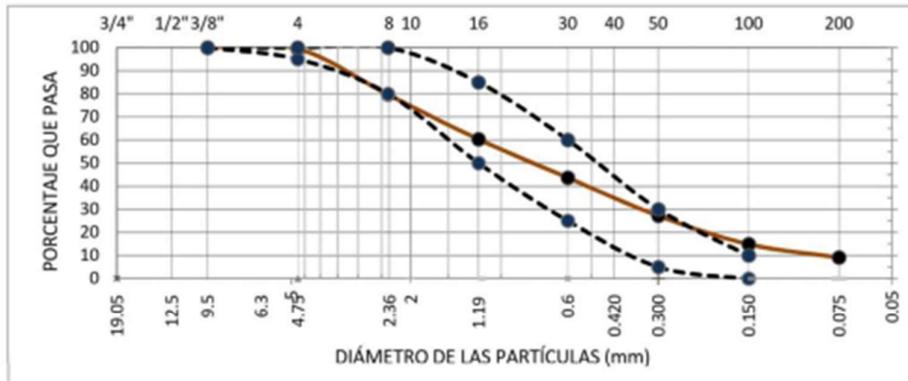
DATOS DE LA MUESTRA			
PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-327-22
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	CONDICIÓN:	Mab

Wmi	1023.7
Wp N°4	1018.5
Wmi f	---

GRAVA	0.5%
ARENA	90.4%
FINOS	9.1%

MODULO DE FINEZA	
2.7	

MALLA ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pas. Acumulado	NORMA ASTM C 33	
>3"						
3"	75.00					
2 1/2"	63.00					
2"	50.00					
1 1/2"	37.50					
1"	25.00					
3/4"	19.00					
1/2"	12.50					
3/8"	9.50			100.00	100	100
N° 4	4.76	5.2	0.51	99.49	95	100
N° 8	2.38	202.7	19.80	79.69	80	100
N° 16	1.19	198.4	19.38	60.31	50	85
N° 30	0.60	170.4	16.65	43.67	25	60
N° 50	0.30	168.5	16.46	27.21	5	30
N° 100	0.15	126.2	12.33	14.88	0	10
N° 200	0.075	58.9	5.75	9.12		
FONDO		93.4	9.12			



OBSERVACIONES:

- La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.

2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.

3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Calle Ucayali Mz. J1 Lote 8 Las Malvinas
 Cayma - Arequipa
 R.U.C. 20455570141

Teléfono: 54-588317 CEL. 959 767 155
 OFICINA TÉCNICA: 959 981 094
 Email. laboratoriosc@labconsult.pe

Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP N° 115863



LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y CONCRETO
INFORME DE ENSAYO

CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA ASTM D-2216

CODIGO DE INFORME
LCI -320 -2022

PROYECTO: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO
ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210 KG/CM²"
UBICACIÓN: CAMANA - AREQUIPA F. RECEPCIÓN: 2022-07-08
CLIENTE: EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ F. EJECUCIÓN: 2022-07-09
EDWIN TELLEZ GONZALES F. EMISIÓN: 2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA: CANTERA SUPERMIX CÓDIGO DE MUESTRA: LS-326-22
MUESTRA : AGREGADO GRUESO - GRAVA CONDICIÓN: Mab

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HÚMEDO + CÁPSULA (g)	8008
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	7881
PESO DEL AGUA (g)	127
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	7881
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	1.6

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA

Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115883

OBSERVACIONES:

La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.

EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Calle Ucayali Mz. 1J Lote 8 Las Malvinas
Cayma- Arequipa
R.U.C. 20455570141

Teléfono: 54-588317CEL. 959 767 155
OFICINA TÉCNICA: 59 981 094
Email: laboratoriopsc@labconsult.pe

Página 1 de 1



LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y CONCRETO
INFORME DE ENSAYO

CONTENIDO DE HUMEDAD
NORMA ASTM D-2216

CÓDIGO DE INFORME
LCI - 320 - 2022

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210 KG/CM ² "		
UBICACIÓN:	CAMANA - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-327-22
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	CONDICIÓN:	Mab

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HÚMEDO + CÁPSULA (g)	1027.6
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	1024.0
PESO DEL AGUA (g)	3.6
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	1024
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	0.4

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
.....
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115883

OBSERVACIONES:

La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.

EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Calle Ucayali Mz. 1J Lote 8 Las Malvinas
Cayma- Arequipa
R.U.C. 20455570141

Teléfono: 54-588317CEL 959 767 155
OFICINA TÉCNICA 9:59 981 094
Email: laboratoriospc@labconsult.pe

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN
NORMA ASTM C-127

CÓDIGO DE INFORME
LCI-320-2022

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210 KG/CM2"		
UBICACIÓN:	CAMANÁ - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-326-22
MUESTRA :	AGREGADO GRUESO - GRAVA	CONDICIÓN:	Mab

Descripción	Unidad	
Peso Muestra Saturada Sup. Seca	g	2164
Peso (Canastilla + Muestra) Sumergida	g	3148
Peso Canastilla Sumergida	g	1762
Peso Muestra Sumergida	g	1386
Peso Muestra Seca	g	2122
Volumen de la muestra	cm ³	778

Absorción	%	
Peso Específico Masivo	g/cm ³	2.73
Peso Específico Saturado Sup. Seco	g/cm ³	2.78
Peso Específico Aparente	g/cm ³	2.88

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115863

OBSERVACIONES:

- 1.a muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.

2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.

3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

INFORME DE ENSAYO
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN
NORMA ASTM C-128

CÓDIGO DE INFORME

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'c 210 KG/CM ² "		
UBICACIÓN:	CAMANÁ - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-327-22
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	CONDICIÓN:	Mab

Descripción	Unidad	
Peso muestra Saturada Sup. Seca	g	500.0
Peso (fiola + agua)	g	668.3
Peso (fiola + agua + muestra)	g	979.4
Peso muestra sumergida	g	311.1
Volumen de la muestra	cm ³	188.9
Peso de la muestra seca	g	493.6

Absorción	%	
Peso Especifico Masivo	g/cm ³	2.61
Peso Especifico Saturado Sup. Seco	g/cm ³	2.65
Peso Especifico Aparente	g/cm ³	2.70

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
.....
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115883

OBSERVACIONES:

- La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Calle Ucayali Mz. J1 Lote 8 Las Malvinas
Cayma - Arequipa
R.U.C. 20455570141

Teléfono: 54-588317 CEL. 959 767 155
OFICINA TÉCNICA: 959 981 094
Email. laboratoriosc@labconsult.pe

Página 1 de 1



LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
PAVIMENTOS Y CONCRETO

INFORME DE ENSAYO
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA ASTM C-29

CÓDIGO DE INFORME
LCI-320-2022

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON GENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'C 210 KG/CM ² "		
UBICACIÓN:	CAMANÁ - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-326-22
MUESTRA :	AGREGADO GRUESO - GRAVA	CONDICIÓN:	Mab

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO

DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE (g)	2345	2345	2345
PESO MOLDE + SUELO (g)	6127	6117	6112
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	3782	3772	3767
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2868.1	2868.1	2868.1
DENSIDAD (g/cm ³)	1.319	1.315	1.313

PESO VOLUMÉTRICO 1.316 g/cm³

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO

DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE (g)	2345	2345	2345
PESO MOLDE + SUELO (g)	6739	6721	6727
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	4394	4376	4382
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2868.1	2868.1	2868.1
DENSIDAD (g/cm ³)	1.532	1.526	1.528

PESO VOLUMÉTRICO 1.529 g/cm³

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115863

OBSERVACIONES:

- La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

- 1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Calle Ucayali Mz. J1 Lote 8 Las Malvinas
Cayma - Arequipa
R.U.C. 20455570141

Teléfono: 54-588317 CEL. 959 767 155
OFICINA TÉCNICA: 959 981 094
Email. laboratoriosc@labconsult.pe

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NORMA ASTM C-29

CÓDIGO DE INFORME
LCI-320-2022

PROYECTO:	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y UN CONCRETO F'c 210 KG/CM2"		
UBICACIÓN:	CAMANÁ - AREQUIPA	F. RECEPCIÓN:	2022-07-08
CLIENTE:	EDINSONT EGUILUZ MARTINEZ	F. EJECUCIÓN:	2022-07-09
DIRECCIÓN:	EDWIN TELLEZ GONZÁLES	F. EMISIÓN:	2022-07-11

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA:	CANTERA SUPERMIX	CÓDIGO DE MUESTRA:	LS-327-22
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA	CONDICIÓN:	Mab

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO

DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE (g)	2345	2345	2345
PESO MOLDE + SUELO (g)	6947	6953	6949
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	4602	4608	4604
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2868.1	2868.1	2868.1
DENSIDAD (g/cm ³)	1.605	1.607	1.605

PESO VOLUMÉTRICO 1.605 g/cm³

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO

DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE (g)	2345	2345	2345
PESO MOLDE + SUELO (g)	7623	7629	7627
PESO SECO DE LA MUESTRA (g)	5278	5284	5282
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	2868.1	2868.1	2868.1
DENSIDAD (g/cm ³)	1.840	1.842	1.842

PESO VOLUMÉTRICO 1.841 g/cm³

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Concreto
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115863

OBSERVACIONES:

- La muestra fue depositada en el laboratorio por el cliente.

1.-LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LAB CONSULT INGENIERIA.

2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.

3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

ANEXO C Resultados de ensayos de Compresión y Tracción

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-1	P-01	2022-09-05	2022-09-12	7	10.16	20.4	6966.7	21.4	2.1
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-2	P-02	2022-09-05	2022-09-12	7	10.16	20.4	6009.2	18.5	1.8
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-3	P-03	2022-09-05	2022-09-12	7	10.22	20.5	5775.7	17.6	1.7
IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-4	P-01	2022-09-05	2022-09-19	14	10.21	20.5	5571.8	17.0	1.7
1 % CENIZA DE CASCARILLA	P-02	2022-09-05	2022-09-19	14	10.18	20.4	9215.2	28.2	2.8

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-7	P-01	2022-09-05	2022-10-03	28	10.25	20.5	7228.8	21.9	2.1
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-8	P-02	2022-09-05	2022-10-03	28	10.25	20.7	7891.6	23.7	2.3
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-9	P-03	2022-09-05	2022-10-03	28	10.18	20.4	7892.6	24.2	2.4

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-1	P-01	2022-09-07	2022-09-14	7	10.22	20.5	5945.0	18.1	1.8
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-2	P-02	2022-09-07	2022-09-14	7	10.17	20.3	6285.6	19.4	1.9
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-3	P-03	2022-09-07	2022-09-14	7	10.14	20.5	4768.2	14.6	1.4

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
2 % CENIZA DE ARROZ M-4	P-01	2022-09-07	2022-09-21	14	10.17	20.5	6297.8	19.2	1.9
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-5	P-02	2022-09-07	2022-09-21	14	10.16	20.3	8321.9	25.7	2.5
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-6	P-03	2022-09-07	2022-09-21	14	10.15	20.5	5454.5	16.7	1.6

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-7	P-01	2022-09-07	2022-10-05	28	10.16	20.4	7151.3	21.9	2.2
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-8	P-02	2022-09-07	2022-10-05	28	10.18	20.6	7090.1	21.6	2.1
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-9	P-03	2022-09-07	2022-10-05	28	10.21	20.6	6511.9	19.7	1.9

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-1	P-01	2022-09-08	2022-09-15	7	10.16	20.5	5340.3	16.4	1.6
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-2	P-02	2022-09-08	2022-09-15	7	10.21	20.5	5824.6	17.7	1.7
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-3	P-03	2022-09-08	2022-09-15	7	10.16	20.4	6090.8	18.7	1.8

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-4	P-01	2022-09-08	2022-09-22	14	10.25	20.6	6338.6	19.2	1.9
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-5	P-02	2022-09-08	2022-09-22	14	10.26	20.5	6445.7	19.5	1.9
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-6	P-03	2022-09-08	2022-09-22	14	10.20	20.6	6842.3	20.8	2.0

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	DIÁMETRO cm.	LONGITUD cm.	CARGA MÁXIMA Kg.	ESFUERZO DE TRACCIÓN kg/cm2	ESFUERZO DE TRACCIÓN MPa
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-7	P-01	2022-09-08	2022-10-06	28	10.18	20.5	8651.3	26.4	2.6
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-8	P-02	2022-09-08	2022-10-06	28	10.25	20.5	8347.4	25.2	2.5
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-9	P-03	2022-09-08	2022-10-06	28	10.11	20.4	7524.5	23.2	2.3

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA kN	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2	TIPO DE ROTURA
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-1	P-01	210 kg/cm2	2022-09-05	2022-09-12	7	80.91	124	15.3	156	6
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-2	P-02	210 kg/cm2	2022-09-05	2022-09-12	7	81.79	123	15.1	154	5
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-3	P-03	210 kg/cm2	2022-09-05	2022-09-12	7	80.99	127	15.7	160	3



PRENSA UTILIZADA	ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENTS CO.LTD STY-2000 SERIE 110832		
RANGO DE MEDICIÓN	2000 Kn – 200000 kg	FECHA DE CALIBRACIÓN	21/12/2021
CALIBRACIÓN	CERTIFICADO N° TC – 20679 – 2021		TEST & CONTROL

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f_c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm^2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm^2	TIPO DE ROTURA
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-4	P-01	210 kg/cm^2	2022-09-05	2022-09-19	14	81.39	154	18.9	193	2
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-5	P-02	210 kg/cm^2	2022-09-05	2022-09-19	14	80.43	150	18.6	190	2
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-6	P-03	210 kg/cm^2	2022-09-05	2022-09-19	14	81.15	156	19.2	196	2

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f_c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm^2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm^2	TIPO DE ROTURA
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-7	P-01	210 kg/cm^2	2022-09-05	2022-10-03	28	81.23	193	23.8	243	2
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-8	P-02	210 kg/cm^2	2022-09-05	2022-10-03	28	81.39	200	24.5	250	2
1 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-9	P-03	210 kg/cm^2	2022-09-05	2022-10-03	28	81.87	197	24.0	245	2

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f_c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm^2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm^2	TIPO DE ROTURA
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-1	P-01	210 kg/cm^2	2022-09-07	2022-09-14	7	81.47	127	15.6	159	2
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-2	P-02	210 kg/cm^2	2022-09-07	2022-09-14	7	81.23	128	15.7	161	4
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-3	P-03	210 kg/cm^2	2022-09-07	2022-09-14	7	81.95	126	15.4	157	4

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2	TIPO DE ROTURA
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-4	P-01	210 kg/cm2	2022-09-07	2022-09-21	14	80.83	160	19.8	202	6
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-5	P-02	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-22	14	79.09	156	19.7	201	6
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-6	P-03	210 kg/cm2	2022-09-09	2022-09-23	14	81.39	159	19.5	199	2

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2	TIPO DE ROTURA
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-7	P-01	210 kg/cm2	2022-09-07	2022-10-05	28	81.47	190	23.4	238	6
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-8	P-02	210 kg/cm2	2022-09-07	2022-10-05	28	81.47	190	23.4	238	2
2 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-9	P-03	210 kg/cm2	2022-09-07	2022-10-05	28	80.99	191	23.6	240	2

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2	TIPO DE ROTURA
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-1	P-01	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-15	7	81.15	142	17.5	179	2
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-2	P-02	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-15	7	81.15	141	17.4	177	5
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-3	P-03	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-15	7	81.07	140	17.3	177	1

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f'c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm2	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm2	TIPO DE ROTURA
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-4	P-01	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-22	14	81.79	159	19.4	198	4
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-5	P-02	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-22	14	81.07	162	20.0	204	4
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-6	P-03	210 kg/cm2	2022-09-08	2022-09-22	14	81.23	161	19.8	202	2

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA DE CONCRETO	CÓDIGO	RESIST. INDICADA f_c	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD Días	SECCIÓN TRANSV. cm ²	CARGA MÁXIMA Kn.	ESFUERZO DE ROTURA Mpa	ESFUERZO DE ROTURA kg/cm ²	TIPO DE ROTURA
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-7	P-01	210 kg/cm ²	2022-09-08	2022-10-06	28	81.63	203	24.8	253	1
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-8	P-02	210 kg/cm ²	2022-09-08	2022-10-06	28	81.15	199	24.5	250	1
3 % CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ M-9	P-03	210 kg/cm ²	2022-09-08	2022-10-06	28	81.31	203	25.0	255	2

ANEXO D. Panel Fotográfico



FOTO N° 01: recolección de cascarilla de arroz Molino Corpus – Camaná.



FOTO N° 02: envase de agregado fino (arena gruesa) y agregado grueso (piedra chancada 3/4").



FOTO N° 03: apilamiento de agregado fino y agregado grueso.



FOTO N° 04: dosificación de agregado fino y agregado grueso.



FOTO N° 05: dosificación de agregado fino y agregado grueso.



FOTO N° 06: control de temperatura del concreto.



FOTO N° 07: preparación del Cono de Abrams.



FOTO N° 08: llenado de concreto al Cono de Abrams.



FOTO N° 09: realizando prueba de asentamiento o Slump.



FOTO N° 10: realizando llenado de recipiente para la determinación de contenido de aire en el concreto.



FOTO N° 11: recipiente listo para la determinación de contenido de aire en el concreto.



FOTO N° 12: determinación de contenido de aire en el concreto con un Medidor de Aire Tipo B.



FOTO N° 13: briquetas para la toma de muestras del concreto.



FOTO N° 14: llenado de briquetas con las muestras del concreto.



FOTO N° 15: colocación de muestras en la cisterna para el curado correspondiente del concreto.



FOTO N° 16: colocación de muestras en la cisterna para el curado correspondiente del concreto.



FOTO N° 17: colocación de muestras de concreto en la Prensa Hidráulica.



FOTO N° 18: colocación de muestras de concreto en la Prensa Hidráulica.

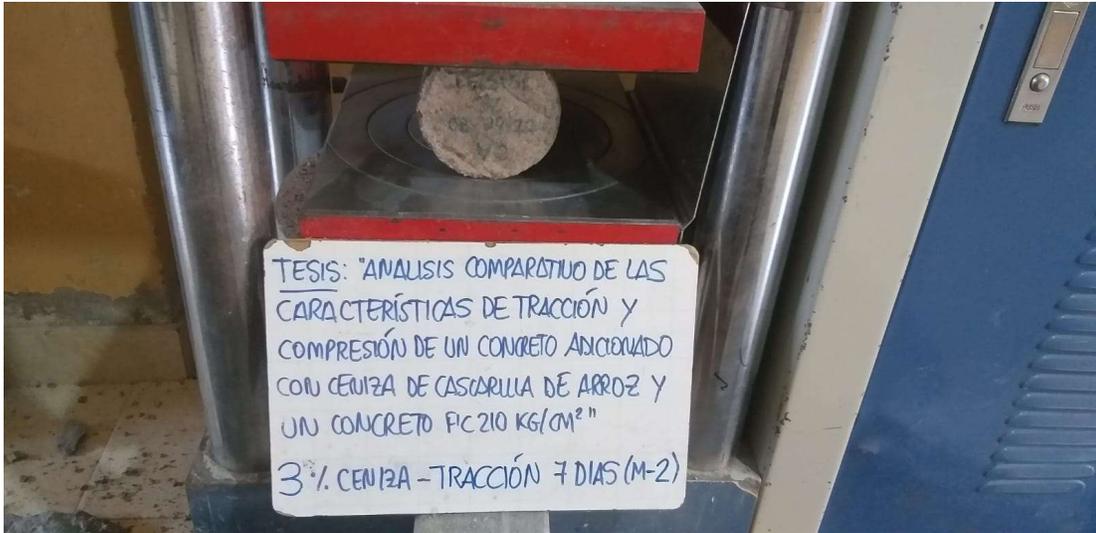


FOTO N° 19: registro de datos de muestras en tracción.



FOTO N° 20: registro de datos de muestras en compresión.