

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN DE
MADERA RECICLADA EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN Y TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
DEL CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$, LIMA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Deivid Gustavo Cueto Baldeon

Asesor:

Mg. Juan Miguel De La Torre Ostos
<https://orcid.org/0000-0001-8226-5376>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Wilder Alexander Calixtro Calixtro	06803344
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Christian Marlon Araujo Choque	44759840
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Julio Christian Quesada Llanto	42831273
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN DE MADERA RECICLADA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$, LIMA 2023

ORIGINALITY REPORT

9%	9%	2%	9%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

5%
★ Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota
Student Paper

Exclude quotes On Exclude matches < 30 words
Exclude bibliography On

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios que es quien nos guía y nos da la fuerza para lograr nuestros objetivos.

A mi familia, mi madre, hermanos y sobrinos que en todo momento me apoyaron de miles de formas, gran parte de lo que soy se los debo a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios enormemente por la ayuda que nos brinda a cada momento y por darme la oportunidad de estar escribiendo estas líneas.

Agradecer a mi familia, a mi madre que gracias a su constante esfuerzo me ha enseñado, inspirado, ayudado y motivado a salir adelante; mi hermano César, por su constante apoyo y consejos; mi hermano Richard por su apoyo; mi hermana Katty por apoyarme.

Agradezco también a los profesores de la UPN quienes nos imparten conocimiento y nos inspiran a ser cada día mejores.

Agradezco al Ing. Julio Quesada por su significativo apoyo para el logro de este trabajo de investigación, asimismo agradezco al Ing. De la Torre Ostos asesor del presente proyecto por su orientación y consejos.

ÍNDICE

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática	15
1.1.1. Antecedentes	16
1.2. Marco teórico	23
1.2.1. Concreto.....	23
1.2.1.1. Componentes del concreto	23
1.2.2. Ceniza de residuos de madera.....	25
1.3. Justificación del Estudio	25
1.4. Limitaciones del Estudio.....	25
1.5. Formulación del problema	26
1.5.1. Problema General.....	26
1.5.2. Problemas Específicos	26
1.6. Objetivos.....	26
1.6.1. Objetivo General:.....	26
1.6.2. Objetivo Específicos:.....	27
1.7. Hipótesis	27
1.7.1. Hipótesis General:.....	27
1.7.2. Hipótesis Específicas:.....	27

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	29
2.1. Tipo de Investigación	29
2.1.1. Por su enfoque	29
2.1.2. Según su propósito	29
2.1.3. Por su diseño	29
2.1.4. Nivel de investigación	30
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	30
2.2.1. Población:	30
2.2.2. Muestra:	30
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	31
2.3.1. Técnicas de recolección de datos	31
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos	32
2.3.3. Técnicas de análisis de datos	32
2.4. Aspectos éticos	33
2.4.1. Validez.....	33
2.4.2. Confiabilidad.....	33
2.5. Procedimiento.....	33
CAPÍTULO III: RESULTADOS	39
3.1. Resultados de caracterización química de la ceniza de carbón de madera	39
3.2. Resultados del Objetivo Específico 1	40
3.3. Resultados del Objetivo Específico 2	47
3.4. Resultados del Objetivo Específico 3	58
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	70
4.1. Discusión	70
4.2. Conclusiones	71
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS	78
Anexo 1. Matriz de Consistencia y Operacionalización de variables	78
Anexo 2. Procedimiento de Ensayos de Laboratorio	80

Anexo 3. Resultados de laboratorio.....	97
Anexo 4. Certificados.....	107
Anexo 5. Panel fotográfico.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores máximos admisibles	24
Tabla 2 Cantidad de probetas cilíndricas	31
Tabla 3 Resultados de Fluorescencia de rayos X de la ceniza de carbón de madera	39
Tabla 4 Resultados de asentamiento del concreto	40
Tabla 5 Resultados de la prueba de normalidad de asentamiento a los diseños del concreto $f'c = 210$ Kg/cm^2	43
Tabla 6 Resultados de la prueba de ANOVA a los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en el asentamiento	44
Tabla 7 Tabla de valores HSD Tukey para las medias de asentamiento de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%	45
Tabla 8 Resultados de resistencia a la compresión a los 7 días	47
Tabla 9 Resultados de resistencia a la compresión a los 14 días	49
Tabla 10 Resultados de resistencia a la compresión a los 28 días	51
Tabla 11 Resultados de la prueba de normalidad de resistencia a la compresión de los diseños del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	54
Tabla 12 Resultados de la prueba de ANOVA a los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la compresión	56
Tabla 13 Tabla de valores HSD Tukey para las medias de resistencia a la compresión de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%	57
Tabla 14 Resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días	59
Tabla 15 Resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 14 días	61
Tabla 16 Resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días	63
Tabla 17 Resultados de la prueba de normalidad de resistencia a la tracción de los diseños del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	66
Tabla 18 Resultados de la prueba de ANOVA a los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la tracción	67
Tabla 19 Tabla de valores HSD Tukey para las medias de resistencia a la tracción de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%	68
Tabla 20 Resistencia a la compresión requerida	89

Tabla 21 Asentamiento según el tipo de estructuras	89
Tabla 22 Volumen de Agua por m ³ . Agua en litros/m ³ para TNM de agregados y consistencia....	90
Tabla 23 Contenido de aire atrapado	90
Tabla 24 Relación agua/cemento por resistencia para $f'cr$	91
Tabla 25 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b_0)	92
Tabla 26 Diseño de mezcla concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	104
Tabla 27 Diseño de mezcla concreto 10% ceniza – 90% cemento	105
Tabla 28 Diseño de mezcla concreto 12.5% ceniza – 87.5% cemento	105
Tabla 29 Diseño de mezcla concreto 15% ceniza – 85% cemento	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de resultados de asentamiento del concreto	41
Figura 2. Diagrama de medias de asentamiento de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%.....	45
Figura 3. Diagrama de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días	48
Figura 4. Diagrama de resultados de resistencia a la compresión a los 14 días.....	50
Figura 5. Diagrama de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días.....	52
Figura 6. Diagrama de medias de la resistencia a la compresión de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%	57
Figura 7. Diagrama de resultados de resistencia a la tracción a los 7 días	59
Figura 8. Diagrama de resultados de resistencia a la tracción a los 14 días	62
Figura 9. Diagrama de resultados de resistencia a la tracción a los 28 días	64
Figura 10. Diagrama de medias de la resistencia a la tracción de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%	69
Figura 11. Huso 8 y 67	81
Figura 12. Límites granulométricos del agregado fino	82
Figura 13. Resultados del ensayo y curva granulométrica del agregado fino	97
Figura 14. Curva granulométrica del agregado fino huso 89.....	98
Figura 15. Resultados del ensayo y curva granulométrica del agregado grueso.....	99
Figura 16. Curva granulométrica del agregado grueso huso 89	99
Figura 17. Resultados del ensayo de contenido de humedad del Agregado grueso.....	100
Figura 18. Resultados del ensayo de contenido de humedad del Agregado fino.....	100
Figura 19. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario suelto.....	100
Figura 20. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario compactado.....	101
Figura 21. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario suelto.....	101
Figura 22. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario compactado.....	101
Figura 23. Resultados del ensayo de determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino.....	102

Figura 24. Resultados del ensayo de determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso.	102
Figura 25. Ficha de laboratorio de Peso unitario para agregados.	107
Figura 26. Ficha de laboratorio de Peso específico y absorción para agregados.	108
Figura 27. Ficha de laboratorio de Granulometría para agregados.	109
Figura 28. Ficha de laboratorio de Resistencia a la compresión.	110
Figura 29. Constancia de ensayo de Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días.	111
Figura 30. Constancia de ensayo de Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 14 días.	112
Figura 31. Constancia de ensayo de Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días.	113
Figura 32. Certificado de ensayo de composición química por técnica de Fluorescencia de Rayos X.	114
Figura 33. Certificado de ensayo de composición química por técnica de Fluorescencia de Rayos X.	115

RESUMEN

El cemento se encuentra entre las industrias con mayor emisión de CO_2 a nivel global, por lo que es importante buscar disminuir su producción. Una forma de reducirla es reemplazar parcialmente el cemento por otro material sin que esto le quite calidad al concreto resultante. Esta investigación plantea a la ceniza de carbón de madera como material reemplazante, es así que se tuvo como objetivo determinar el efecto de la ceniza de carbón de madera en las propiedades mecánicas del concreto al reemplazarlo en porcentaje al cemento, esto con la finalidad de medir el efecto que pudiera tener en el concreto y ver si es factible o no este reemplazo parcial.

El diseño de esta investigación fue cuasiexperimental, con una muestra que abarca 4 diseños de mezcla que partieron de un diseño de mezcla patrón de 210 Kg/cm^2 , luego reemplazos de 10, 12.5 y 15% de cemento por ceniza de carbón de madera; se ejecutaron ensayos y se elaboraron probetas cilíndricas de $15 \times 30 \text{ cm}$. De los ensayos realizados al concreto se concluye que, a mayor porcentaje de ceniza disminuye el valor del asentamiento, manteniéndose este entre 3" a 4". En la resistencia a la compresión y tracción por compresión diametral el de mejor comportamiento en todas las edades es el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento, en cuanto a Compresión se obtuvieron mejoras del 1.4% a los 28 días de curado con respecto al patrón; asimismo, en cuanto a Tracción se obtuvieron mejoras de 3.27% a los 28 días con respecto al patrón.

Palabras clave: Concreto, ceniza de madera, carbón, compresión, tracción.

ABSTRACT

Cement is among the industries with the highest CO₂ emissions globally, so it is important to seek to reduce its production. One way to reduce it is to partially replace the cement with another material without this reducing the quality of the resulting concrete. This research proposes wood ash as a replacement material, so the objective was to determine the effect of wood ash on the mechanical properties of concrete when replacing it in percentage to cement, this in order to measure the effect that could have in the concrete and see if this partial replacement is feasible or not.

The design of this investigation was experimental, with a sample that includes 4 mix designs that started from a standard mix design of 210 Kg/cm², then replacements of 10, 12.5 and 15% of cement by wood coal ash; Tests were carried out and 15x30 cm cylindrical specimens were made. From the tests carried out on the concrete, it is concluded that the higher the percentage of ash, the value of the settlement decreases, maintaining it between 3" and 4". In the resistance to compression and traction by diametrical compression, the one with the best behavior at all ages is the design with 10% wood coal ash - 90% cement, in terms of Compression, improvements of 1.4% were obtained after 28 days of cured with respect to pattern; Likewise, in terms of Traction, improvements of 3.27% were obtained at 28 days with respect to the pattern.

Keywords: Concrete, wood ash, coal, compression, traction.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El concreto es uno de los materiales de construcción de mayor consumo en el mundo. La producción de cemento aporta entre 5 a 9% de las emisiones globales de CO₂ hechas por el hombre, esto debido principalmente a la calcinación de la piedra caliza arriba de los 1000 °C. Reducir la cantidad de dióxido de carbono producido es un desafío importante y de largo plazo para mejorar la sostenibilidad de la fabricación de cemento. Una forma de reducir la producción de cemento es reemplazarlo parcialmente con otros materiales cementicios complementarios a partir de desechos o subproductos industriales. (Zhuge et al., 2022). La gran producción de cemento conlleva a una considerable emisión de CO₂. Los datos preliminares apuntan a que las emisiones fósiles de CO₂ alcanzaron en el 2019 un nivel sin precedentes: 38 Gigatoneladas (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2020). Una de las fuentes que más contribuyeron a la emisión fósil de CO₂ es el cemento con 4% (Hermi, 2021).

Agregar cenizas para reemplazar parte del cemento en el concreto claramente genera ahorros, no solo debido al reemplazo del cemento, sino también porque da propiedades específicas al concreto, lo mejora en trabajabilidad, el uso de agua es menor, el calor de hidratación es reducido, aumenta la dureza final y disminuye la permeabilidad. La adición de cenizas al hormigón mejora las propiedades del hormigón fresco y endurecido. La propiedad más valiosa del concreto con cenizas es su mayor elasticidad, Una vez endurecido el concreto con adición de ceniza tiene una resistencia inicial más baja, pero su resistencia a largo plazo es generalmente igual o mayor que la del concreto sin adición (Vera, J. & Zambrano, W., 2013).

En la región Lima están asentadas plantas cementeras, las cuales contribuyen a la emisión de CO_2 . Según The Global Cement Report, se produce anualmente un promedio de 10 mil TM (toneladas métricas) de cemento en el Perú. Una forma para disminuir el uso del cemento es reducir su producción, para lo cual una alternativa es reemplazarlo parcialmente por otros materiales provenientes de residuos de otras industrias como por ejemplo la ceniza de carbón de madera.

1.1.1. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Zhugue et al (2022), cuyo artículo fue titulado “Utilización de cenizas de residuos de madera en la producción de hormigón verde”. Tuvo como objetivo sintetizar los resultados previamente obtenidos sobre la eficacia de reemplazar porcentajes de cemento por cenizas de residuos de madera (del inglés WWA wood waste ashes). Fue un estudio de tipo explorativo. Los principales resultados fueron que la utilización de WWA como reemplazo del cemento en concreto es factible, lo cual puede contribuir a disminuir la demanda de clínker de cemento, para de esa manera reducir las emisiones de CO_2 . Se concluyó que las propiedades físicas y químicas de la WWA indican su naturaleza puzolánica, pero la reactividad de esta WWA no es tan fuerte como lo son la de las puzolanas convencionales. Las propiedades mecánicas del concreto disminuyen con valores mayores de WWA. Se recomienda un reemplazo adecuado de WWA, por ejemplo, reemplazar menos del 10% del cemento por WWA.

Tamanna et al (2020), cuyo artículo fue titulado “Utilización de cenizas de residuos de madera en la tecnología de la construcción”. Tuvo como objetivo proporcionar una revisión sobre el efectivo uso de WWA como material reemplazante

del cemento o agregados en concreto. Fue un estudio de tipo exploratorio. Los principales resultados fueron que las cenizas de residuos de madera tienden a comportarse como un material puzolánico, con esto se puede producir concreto o morteros manteniendo la misma calidad que tienen los convencionales. Se concluyó que las WWA poseen el potencial para usarlo como material de construcción alternativo para aplicaciones de lo que se conoce como eco-hormigón; asimismo, como reemplazo parcial del cemento y también de los agregados. Es decir, es posible la utilización masiva de WWA.

Vivas (2016), en su tesis “Diseño de un hormigón liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino” para el desarrollo se planteó un hormigón base de 180 kg/cm^2 y hormigones con 30, 50 y 70% de reemplazo. Se efectuaron ensayos de laboratorio de todos los componentes del hormigón como: granulometría, densidad real y aparente, capacidad de absorción; información necesaria para la dosificación calculada por el método de la densidad óptima y para la elaboración de especímenes de prueba que comprende una muestra de 36 probetas cilíndricas evaluadas a los 7,14 y 28 días. Posteriormente se hizo un análisis de la densidad real endurecida y la resistencia a compresión, cuyos resultados evidenciaron la influencia de la ceniza de madera en dichas propiedades. Las densidades de $2233,75 \text{ kg/m}^3$, $2210,38 \text{ kg/m}^3$ y $2176,96 \text{ kg/m}^3$ que disminuyen progresivamente de acuerdo a los porcentajes de reemplazo no permiten una clasificación dentro de los hormigones livianos pues se sobrepasa el límite considerado de 2.000 kg/m^3 . Con respecto a la resistencia a compresión que presenta una disminución se determinó que para cumplir con el diseño el reemplazo no excederá el 30%. En definitiva, este hormigón podría

ser empleado en la construcción de aceras y bordillos, construcciones de mampostería prefabricadas usadas en la división de ambientes y para hormigón ciclópeo.

Montero (2017), en su tesis “Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador”, Este proyecto parte de la necesidad de reducir los costos en la fabricación de un hormigón convencional. Tiene como objetivo desarrollar una aplicación para un residuo agroindustrial como lo es la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) resultante del proceso de combustión que genera energía eléctrica para una industria arrocera, en la ciudad de Durán, Ecuador. La ceniza resultante de dicho proceso presenta un porcentaje alto de sílice reactiva haciéndolo apto para su utilización como adición. Este residuo se incorporó en mezclas de hormigón con el fin de estudiar su efecto como puzolana en la sustitución parcial de cemento Tipo GU, en la fabricación de hormigón estructural de mediana resistencia. Se elaboraron cinco diseños de mezclas usando distintos porcentajes de CCA como reemplazo de cemento en la dosificación. Adicionalmente, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión de cilindros a los 28 días de curado. Finalmente se determinó el porcentaje de CCA más óptimo para lograr las mejores prestaciones en cuanto a trabajabilidad de la mezcla y resistencia final.

Fonseca (2018), en su tesis “Empleo de ceniza volante colombiana como material cementicio suplementario y sus efectos sobre la fijación de cloruros en concretos”, el objetivo de la presente fue determinar la durabilidad de las estructuras ante la acción de los iones cloruro, primero se definen las propiedades de transporte y fijación de cloruros en la matriz porosa, se definen las isoterms y la capacidad de

fijación de iones cloruro y finalmente se describen las propiedades de la ceniza volante como material cementicio suplementario. Segundo se definen métodos experimentales empleados en el desarrollo de la investigación. Tercero, se caracterizan los materiales empleados en la investigación. Cuarto se aplican los métodos experimentales descritos. Quinto se evalúa la capacidad de las mezclas a fijar iones cloruros y se determinan las isothermas y finalmente en el sexto capítulo se modeló el proceso mediante el empleo de elementos finitos. Los resultados de los ensayos demostraron que la capacidad para fijar cloruros del concreto adicionado con ceniza volante es función del porcentaje de ceniza de reemplazo empleado y del tiempo al cual se realiza el ensayo. Además, se observó que las isothermas de fijación de cloruros tienen un comportamiento no lineal. Finalmente se concluye que la ceniza colombiana, por su variabilidad y la falta de controles en su producción y manejo, no brinda las condiciones adecuadas para mejorar las propiedades de durabilidad al ataque de iones cloruro. Se requiere entonces adelantar estudios para evaluar las propiedades de materiales ternarios que incluyan Escoria y/o Humo de Sílice y que pueden en conjunto con la Ceniza Volante mejorar las propiedades del material.

Antecedentes Nacionales

Evaristo (2018), cuya tesis fue titulada “Resistencia de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza de viruta de madera- Huaraz - 2017”. Tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando ceniza de viruta de madera tornillo en porcentajes de 1%, 2% y 3% en la ciudad de Huaraz. Fue un estudio de tipo aplicada y explicativa. La población de estudio estuvo conformada por un conjunto de probetas con un diseño de concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Comprende 36 probetas cilíndricas de 15x30 cm. Los instrumentos empleados fueron las Fichas del laboratorio de Mecánica de suelos y ensayo de materiales. Los principales resultados fueron que la composición química de la ceniza obtenida a partir de la viruta de madera tornillo, indica que este material no llega a ser puzolánico, esto debido a que los valores no permiten estimar la actividad puzolánica de este material bajo el estándar de la ASTM C- 618 la cual no alcanza el 70% sumando los componentes debidos. Se concluyó que el valor de la resistencia a la compresión se incrementa al añadir la ceniza de viruta de madera tornillo en 1%, 2% y 3%, de donde el mejor resultado se obtuvo con 2%.

Solano (2020), cuya tesis fue titulada “Influencia de la ceniza de hojas de eucalipto en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes”. Tuvo como objetivo evaluar de qué manera las cenizas de hojas de eucalipto modifican las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes. Fue un estudio de tipo aplicado. La población de estudio estuvo conformada por el concreto simple para mortero con reemplazo de ceniza de hojas de eucalipto en el cemento. Los instrumentos empleados fueron los que mencionan las normas ASTM así como las Normas Técnicas Peruanas (NTP). Los principales resultados fueron que las cenizas de hoja de eucalipto mejoran las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes, el mejor resultado se da con el remplazo de ceniza en 4%, reduciéndose el asentamiento y la retención de agua en 7.73% y 6.87% respectivamente; mientras que la resistencia a compresión en mortero incrementa en 4.49%; la compresión axial en pilas, en 6.42%; y la compresión diagonal, en 11.13% (al sustituir cemento por ceniza en 4%, 8% y 12% respectivamente). Se concluyó que, al reemplazar el cemento por ceniza de hojas de eucalipto en 4, 8 y 12% influyen

significativamente en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes, siendo óptimo un reemplazo del 4%.

Idrogo (2018), en su tesis “Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa arbórea” tuvo como objetivo evaluar la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición de 8% y 10% de ceniza de biomasa arbórea (eucalipto), utilizando tierra proveniente del caserío Aylambo Bajo, distrito de Cajamarca. Los ensayos necesarios para la elaboración del adobe compactado, se realizaron según los procedimientos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas. Los resultados obtenidos del ensayo a compresión, indicaron que la adición de 8% y 10% ceniza de biomasa arbórea disminuye las propiedades mecánicas del adobe compactado. La muestra patrón presentó una resistencia de 12.62 kg/cm^2 , la cual supera de manera satisfactoria la resistencia mínima que indica la Norma Técnica E.080. La resistencia a flexión del adobe compactado con 8% y 10% de ceniza de biomasa arbórea fue de 3.82 kg/cm^2 y 3.69 kg/cm^2 respectivamente, la cual comparándola con la resistencia 3.71 kg/cm^2 obtenida de la muestra patrón, refleja una variación no mayor del 2.96%. La hipótesis de la presente investigación no ha sido demostrada, ya que, según los resultados obtenidos, la adición de ceniza de biomasa arbórea (eucalipto), aplicado al suelo del caserío Aylambo Bajo (arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas) no aporta mejoras a las propiedades mecánicas del adobe compactado.

En base a Chinguel (2020), en su tesis “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsílíce

con ceniza de hoja de eucalipto, Lima 2019” tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsílíce, para ello tiene una metodología de tipo aplicado, con diseño experimental de tipo cuasi experimental y un enfoque cuantitativo. Es así que como resultados se lograron evaluar las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ensayos tales como compresión, absorción y alabeo, para ello se ha realizado 7 diseños, en donde se muestra el diseño patrón o muestra base, 3 diseños de ceniza de hoja de eucalipto y 3 diseño de microsílíce con ceniza de hoja de eucalipto, es así que el diseño más óptimo de ceniza de hoja de eucalipto es la adición del 14%, y para el diseño óptimo de microsílíce con ceniza de hoja de eucalipto es de 8% de microsílíce y 6% de ceniza, lo cual dieron resultados óptimos en las evaluaciones de las propiedades mecánicas.

Timoteo (2021), cuya tesis titulada “Influencia de sustitución del cemento por ceniza de madera sobre la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – 2021”. Tuvo como objetivo determinar cuál es la influencia del porcentaje de ceniza que sustituye en peso al cemento en el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. Fue un estudio de tipo aplicado. La población de la investigación fue de 36 probetas cilíndricas de concreto con distintos porcentajes de ceniza. Los instrumentos empleados fueron fichas de laboratorio en la cual se anotaron los resultados de los ensayos. Los principales resultados fueron que sustituyendo 10% de cemento por ceniza de madera se obtuvieron resultados similares al concreto patrón, obteniendo a los 28 días de curado $f'c= 236 \text{ kg/cm}^2$ frente a los $f'c= 237 \text{ kg/cm}^2$ con el concreto patrón. Se concluyó que es factible una sustitución de 10% de cemento por ceniza de madera.

1.2. Marco teórico

1.2.1. Concreto

El concreto es un material compuesto por la mezcla de cemento, agua, agregados y aditivos opcionalmente. Al inicio muestra un comportamiento plástico, posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo cual le permite convertirse en un material ideal para la construcción (Pasquel, 1999).

1.2.1.1. Componentes del concreto

a) Cemento

El cemento se obtiene de una mezcla de minerales finamente molidos, formados por piedra caliza y arcilla. Estos se calientan hasta altas temperaturas, entre 1400°C y 1450°C (Abanto, 2018). En la zona de mayor temperatura del horno, la cal, la sílice y la alúmina se vuelven a combinar formando nódulos color negro característico, usualmente de $1/4''$ a $1''$ de diámetro, se les denomina "clínker de cemento Portland". Al final el clínker es enfriado y molido conjuntamente con yeso (de 3 a 6%) constituyendo así el cemento Portland (Pasquel, 1999).

b) Agregado fino

Es aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, pasa el tamiz $3/8$ pulgadas (9,5 mm) y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 (Rivva, 2018).

c) Agregado grueso

Se denomina así al material retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm) y que cumple los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 (Rivva, 2018).

d) Agua

El agua utilizada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.038 y de preferencia ser potable (Rivva, 2018).

Si existiese alguna duda sobre la calidad del agua a utilizarse para la preparación de la mezcla de concreto, es necesario realizar un análisis químico de la misma, comparando los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias presentes en el agua a emplearse en la elaboración del concreto (Abanto, 2018).

Tabla 1

Valores máximos admisibles

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Abanto (2018, p. 105).

1.2.2. Ceniza de residuos de madera

Es producto de la combustión de materia de origen vegetal, el cual genera dos tipos de residuo, cenizas de fondo (CF) las cuales están formadas por el material total o parcialmente quemado y cenizas volantes (CV), partículas finas que son arrastradas al exterior por los gases que salen del área de combustión (CEDEX, 2014).

1.3. Justificación del Estudio

En esta investigación se han indicado estudios que señalan que el cemento está entre las industrias de mayor emisión de CO_2 a nivel mundial. Un esfuerzo en disminuir tal producción es importante y es por ello que en este trabajo mostraremos que se puede reemplazar porcentajes de cemento por otro material, esto sin alterar significativamente las propiedades mecánicas que se esperan del concreto resultante, ya que existen estudios previos que lo demuestran.

1.4. Limitaciones del Estudio

La presente investigación se limita a: Al diseño de un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concretos con 10%, 12.5% y 15% con cenizas de madera. Para el proceso de calcinación de la madera se empleó un recipiente artesanal sin control de temperatura. Los agregados finos, gruesos y el cemento fueron obtenidos en un depósito de materiales. Los ensayos de los agregados convencionales y no convencionales fueron realizados bajo la norma técnica ASTM. Para el diseño de mezcla del concreto se utilizó el método ACI, Se usó un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " y se obtuvo un slump de 3" – 4". Los especímenes de concreto se curaron mediante sumersión. La evaluación de los testigos de concreto fue sometidos a compresión y tracción fueron

ensayados a edades de 7, 14 y 28 días. Se empleó la norma técnica NTP 339.034 para el ensayo de resistencia a la compresión y norma técnica NTP 339.084 para el ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral.

1.5. Formulación del problema

1.5.1. Problema General

- ¿En qué medida influye la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por compresión diametral?

1.5.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el asentamiento?
- ¿Cuál será la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión?
- ¿De qué manera evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la tracción por compresión diametral?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General:

- Analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por compresión diametral.

1.6.2. Objetivo Específicos:

- Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el asentamiento.
- Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión.
- Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la tracción por compresión diametral.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General:

- La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por compresión diametral.

1.7.2. Hipótesis Específicas:

- La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en el asentamiento.

Hipótesis Nula (Ho): No existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en el asentamiento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alterna (Ha): Existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en el asentamiento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en la resistencia a la compresión.

Hipótesis Nula (Ho): No existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la compresión para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alterna (Ha): Existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la compresión para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en la resistencia a la tracción por compresión diametral.

Hipótesis Nula (Ho): No existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la tracción para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alterna (Ha): Existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la tracción para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. Por su enfoque

Según Alan D. y Cortez L. (2017) la investigación cuantitativa se basa en aspectos numéricos para estudiar, analizar y verificar información y datos.

Esta investigación lleva a cabo un enfoque cuantitativo. Esto debido a que, para verificar los datos, se remite a conteos numéricos y métodos matemáticos.

2.1.2. Según su propósito

Según Alan D. y Cortez L. (2017) la investigación aplicada tiene un fundamento teórico y es debido a ello que es posible las aplicaciones prácticas, lo importante son los fines prácticos del estudio.

Esta investigación es aplicada, ya que en este trabajo se utilizan diversos conceptos ya definidos y se les aplica para obtener resultados, los cuales nos permiten dar conclusiones y lograr los objetivos generales y específicos.

2.1.3. Por su diseño

- Cuasiexperimental

Según Carrasco S. (2015) se denomina así a aquel en el que los sujetos que forman parte del grupo de control y experimental no son asignados al azar, ni son emparejados, ya que los grupos de trabajo ya existen previo al experimento.

En esta investigación los grupos de trabajo son previamente establecidos y en cada grupo se procede a variar el porcentaje de cemento que es reemplazado por ceniza de carbón de madera (causa) para luego analizar propiedades del concreto

(efecto). Comparando estos resultados con un concreto patrón sabremos el efecto que ocasionó hacer este reemplazo.

2.1.4. Nivel de investigación

- Explicativa

Según Hernández et al. (2014) una investigación explicativa centra su interés en dar a conocer el porqué de los sucesos y por qué se relacionan dos o más variables. En nuestro caso explicaremos la relación entre los porcentajes de cemento, que es reemplazado por ceniza de carbón de madera, y la resistencia a la compresión así como la resistencia a tracción por compresión diametral del concreto.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población:

Según Alan D. y Cortez L. (2017) la población comprende todos los objetos a los cuales se investigará, su elección se lleva a cabo en función a características que contribuyan con información relevante para el estudio. La población de esta investigación comprende a 60 probetas cilíndricas de concreto de 15x30cm (6x12 pulg) para los ensayos de Resistencia a la compresión y Resistencia a tracción por compresión diametral.

2.2.2. Muestra:

Según Hernández et al. (2014) la muestra se define como un subgrupo de la población de la cual se recolectarán datos y que debe ser representativa de esta. El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia para esto se elaboraron 60 probetas cilíndricas de concreto de 15x30cm (6x12 pulg) para los ensayos de

Resistencia a la compresión y Resistencia a tracción por compresión diametral, 3 y 2 probetas cilíndricas respectivamente, por cada edad y diseño de mezcla.

Tabla 2

Cantidad de probetas cilíndricas

Muestras	Ensayo de resistencia a la compresión			Ensayo de resistencia a la tracción		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
Patrón	3 probetas	3 probetas	3 probetas	2 probetas	2 probetas	2 probetas
10% ceniza de carbón de madera	3 probetas	3 probetas	3 probetas	2 probetas	2 probetas	2 probetas
12.5% ceniza de carbón de madera	3 probetas	3 probetas	3 probetas	2 probetas	2 probetas	2 probetas
15% ceniza de carbón de madera	3 probetas	3 probetas	3 probetas	2 probetas	2 probetas	2 probetas
Total	12 probetas	12 probetas	12 probetas	8 probetas	8 probetas	8 probetas

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas de recolección de datos

Análisis documental. Según Carrasco S. (2015) puntualizando que, documento es todo elemento material que contiene información y referencias muy importantes para una investigación. Esta técnica permite obtener y recopilar información de documentos que guarden relación con el problema y objetivos de investigación.

Observación. Según Carrasco S. (2015) es un método de obtención, recolección y registro de datos científicos sobre un objeto, fenómeno, evento o comportamiento humano con la finalidad de procesarlo y convertirlo en dato o información. En este estudio se aplica esta técnica en algunos ensayos que

requieren que el material alcance ciertas características para poder dar por finalizado el ensayo, esto sobretodo en los ensayos relacionados a los agregados. También en el concreto se aplica, por ejemplo, para el asentamiento del concreto, se ensaya y se registra el comportamiento de la mezcla a través de la longitud.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos: Según Hernández et al. (2014) los instrumentos son herramientas utilizadas por un investigador para registrar información o datos acerca de las variables de su estudio. Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron:

- Equipos de laboratorio: Como el horno, prensa de compresión, balanzas, tamices, entre otros.
- Fichas de laboratorio: en donde se anotaron los datos obtenidos en laboratorio como la ficha de granulometría, ficha de peso específico y absorción, ficha de peso unitario de agregados y ficha de contenido de humedad; asimismo las fichas de resistencia a la compresión y tracción por compresión diametral.

2.3.3. Técnicas de análisis de datos

Según Arias F. (2012) en el análisis de datos se van a definir las técnicas estadísticas (descriptivas o inferenciales) o técnicas lógicas (análisis – síntesis, inducción, deducción), que se utilizarán para descubrir la información que conllevan los datos recopilados. En esta investigación se evaluó cómo varía el comportamiento de los valores de resistencia a la compresión y resistencia a tracción por compresión diametral en diferentes edades de 7; 14 y 28 días de la mezcla de concreto patrón y las mezclas de concreto en el que el cemento es

reemplazado, en porcentajes, por ceniza de carbón de madera reciclada; todo ello se analizó y se presenta a través de tablas y gráficos estadísticos haciendo uso del software Microsoft Excel; asimismo el análisis estadístico haciendo uso del software SPSS.

2.4. Aspectos éticos

2.4.1. Validez

Según Hernández et al. (2014) la validez es el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández et al., 2014). Los instrumentos de esta investigación son equipos de laboratorio de la Universidad Privada del Norte y fichas de laboratorio las cuales han sido usadas para recoger los datos obtenidos en los ensayos.

2.4.2. Confiabilidad

Según Hernández et al. (2014) la confiabilidad de un instrumento de medición es el grado en que la aplicación de este instrumento produzca resultados consistentes y coherentes. Dada la validez de los instrumentos de esta investigación, los resultados obtenidos son confiables.

2.5. Procedimiento

Ensayos de Laboratorio

Al dar inicio al desarrollo del procedimiento de campo debemos tomar en cuenta los ensayos de laboratorio, están basados en el método ACI-211 para la posterior realización de ensayos mecánicos que consisten en la resistencia a la compresión y tracción. Con respecto a la determinación de la dosificación se utilizó el método ACI,

ya que, se define la proporción de cada elemento (agregado fino, agregado grueso, cemento, agua), como también el reemplazo parcial de porcentajes de cemento por ceniza de carbón de madera reciclada. Se elaboraron diversos diseños de mezcla, las cuales difieren en la cantidad de cemento y ceniza de carbón de madera reciclada, para posteriormente elaborar las probetas cilíndricas.

Para la realización de los ensayos se analizaron las características específicas de los agregados reciclados y no reciclados como mostramos a continuación:

Ensayos a los agregados

- Cuarteo de los Agregados (NTP 400.010)
- Ensayo de Contenido de Humedad (NTP 339.185)
- Ensayo Granulométrico del agregado grueso y fino (NTP 400.012)
- Ensayo Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017)
- Ensayo Peso específico y de absorción de agregado grueso (NTP 400.021)
- Ensayo Peso específico y de absorción de agregado fino (NTP 400.022)

Diseño de mezcla

Para el diseño de mezcla se utilizará el método del comité 211 de la ACI, el cual, basándose en tablas elaboradas, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

El diseño de mezcla se ha realizado de la siguiente manera:

1. Cálculo de la resistencia promedio.
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
3. Selección del asentamiento.

4. Selección del volumen unitario del agua.
5. Selección del contenido de aire.
6. Selección de la relación agua/cemento.
7. Determinación del factor cemento.
8. Determinación de la suma de los volúmenes absolutos, de cemento, agua y aire
9. Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
10. Determinación del peso seco del agregado fino.
11. Determinación de los valores de diseño
12. Corrección por humedad y absorción del agregado.
13. Determinación de la proporción de diseño.

El procedimiento de los ensayos de los agregados y el diseño de mezcla detallado se encuentran en el Anexo 2.

Ensayos de Concreto Fresco

Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035 - ASTM C143).

Para determinar la docilidad del concreto fresco se realizará por el método del asentamiento del cono de Abrams, que puede ser elaborado en laboratorio o en obra. Para dicho proceso los materiales y equipos requeridos son; la muestra de concreto fresco, el cono de Abrams, una varilla compactadora, una bandeja metálica, un cucharón metálico una wincha metálica.

A continuación se detalla el procedimiento, primero se humedece el interior del molde cónico, luego colocamos el molde sobre una bandeja metálica ésta debe estar en una superficie plana, se sujetó firmemente el molde por las aletas con los pies, se comienza

a llenar el molde con concreto en tres capas, cada capa de un tercio del volumen del molde cónico, se compactada con la varilla con 25 golpes por capa, después de la última capa se enrasa con la varilla, para luego limpiar los bordes del cono de concreto sobrante esparcido, se separa los pies a ambos lados del cono y levantamos lentamente y de forma vertical y colocamos el cono de forma inversa (diámetro menor debajo), seguidamente se coloca la varilla encima del cono para así medir el asentamiento del concreto en pulgadas.

Resistencia a compresión del concreto (NTP 339.034:2015 - ASTM C39)

La resistencia a compresión unitaria f'_b se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta (unidades sólidas) o entre el área neta (unidades huecas). Y la resistencia a compresión característica f'_b se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados de resistencia unitaria a compresión usando la siguiente fórmula contigua:

Cálculo y resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

$$f'_b = \frac{F}{A}$$

Donde:

F: Carga máxima o fuerza de rotura en kg.

A: Área neta del bloque en cm^2 .

f'_b : Resistencia neta kg/cm^2 .

O: Desviación estándar.

El ensayo se realizó con unidades secas, a las cuales se les cubrió con yeso-cemento para uniformizar el contacto entre éstas y los cabezales de la máquina de compresión.

Primero se retiró las probetas de la poza de curado de acuerdo a su tiempo de curado. Luego se midió el diámetro de la probeta con el micrómetro con la aproximación de 0,1mm, estos diámetros se utilizaron para calcular el área de la sección. Se limpió las superficies planas superior e inferior de la máquina y también ambas bases de cada probeta. Luego se colocó la probeta en la máquina de ensayo a la compresión.

Finalmente se aplicó la carga en forma continua a una velocidad de 0.26 Mpa/s. La carga se aplicó constante desde el inicio hasta que se produjo la rotura de la probeta.

Los resultados obtenidos mediante los ensayos de compresión, se llevarán a tablas Excel, en la cual se realizarán los diferentes cálculos para poder obtener los parámetros que nos indiquen cuales fueron las variaciones en las propiedades del concreto, y si estas fueron las que cumplieron con las hipótesis presentadas en la presente investigación. Los datos recolectados y obtenidos después de realizar los ensayos en el laboratorio de la muestra patrón y las muestras experimentales serán analizadas en un estudio estadístico para la presentación de resultados obtenidos.

Resistencia a tracción por compresión diametral (NTP 339.084 - ASTM C496/C496M)

Este ensayo consiste en aplicar una fuerza de compresión a una probeta cilíndrica de concreto hasta que falla en todo su diámetro. Esta carga provoca tensión en el plano en el que se aplica la carga y tensión en el área en la que se aplica la carga. Por tanto, la falla por tracción ocurre antes que la falla por compresión debido a que las áreas en donde la carga se aplica se halla en un estado de compresión triaxial a lo largo de toda

la probeta cilíndrica de concreto, lo que permite que la muestra resista un esfuerzo de compresión más alto del concreto que el obtenido por esfuerzo uniaxial, lo cual da paso a la falla por tracción a lo largo de la probeta de concreto.

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

T: Resistencia a la tracción indirecta, Mpa

P: Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, N

l: Longitud, mm.

d: Diametro, mm.

Procedimiento

- Se colocan los listones de apoyo
- Se coloca la probeta cilíndrica longitudinalmente sobre el listón, centrar.
- Se coloca el segundo listón de manera longitudinal sobre la probeta de concreto, se debe centrar tal cual el listón anterior.
- Se aplica la carga.
- Se toma nota de la carga que produce la falla.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de caracterización química de la ceniza de carbón de madera

Se realizó ensayo a la ceniza de carbón de madera para saber la composición química de esta mediante la Espectrometría de fluorescencia de rayos X, esta es una técnica de análisis no destructivo el cual consiste en analizar los rayos X característicos producidos por una muestra cuando esta se irradia con rayos X.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la ejecución de esta técnica de espectrometría de fluorescencia de rayos X de la ceniza de carbón de madera:

Tabla 3

Resultados de Fluorescencia de rayos X de la ceniza de carbón de madera

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
Óxido de calcio (CaO)	37.25	
Dióxido de silicio (SiO ₂)	19.63	
Trióxido de azufre (SO ₃)	11.32	
Óxido de magnesio (MgO)	2.21	Espectrometría de
Óxido de manganeso (MnO)	0.85	Fluorescencia de Rayos X
Trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	6.25	
Pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅)	7.32	
Trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	4.25	
Óxido de bario (BaO)	2.66	
Óxido de zinc (ZnO)	1.12	
Óxido de cobre (CuO)	0.13	

Trióxido de cromo (CrO_3)	0.51
Otros	6.50

Fuente: Laboratorio C.G. Geingeniería

3.2. Resultados del Objetivo Específico 1

Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el asentamiento.

Para obtener los resultados del presente objetivo se realizaron los ensayos de asentamiento (slump) NTP 339.035 (ASTM C143), los mencionados resultados se analizarán de acuerdo con lo obtenido en cada mezcla de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborada. Se realizaron 4 diseños de mezcla los cuales difieren en su composición de la siguiente manera: Diseño patrón, diseño 10% ceniza – 90% cemento, diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento y 15% ceniza – 85% cemento. Los resultados obtenidos se mostrarán en la tabla 3.

A continuación, se muestra los resultados de asentamiento de las mezclas:

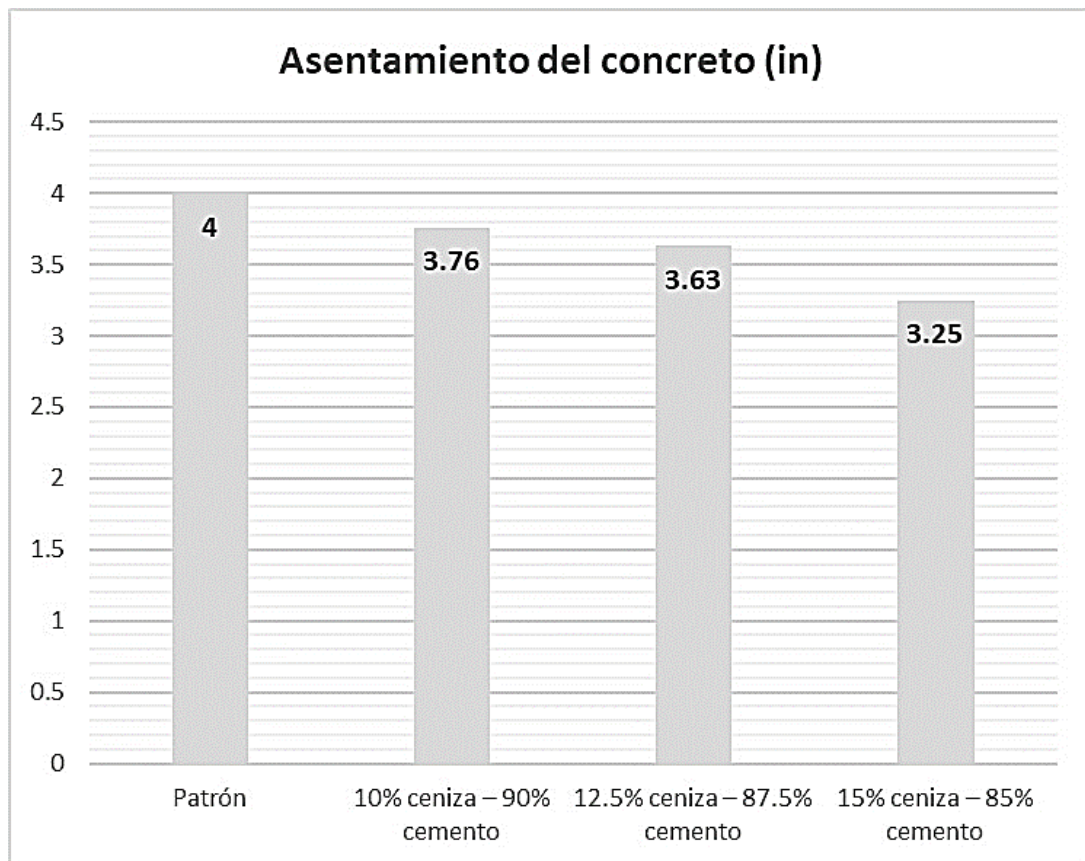
Tabla 4

Resultados de asentamiento del concreto

ENSAYO DE ASENTAMIENTO EN CONCRETO FRESCO NTP 339.035 (ASTM C143) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
DESCRIPCIÓN	M1 (in)	M2 (in)	M3 (in)	PROMEDIO (in)
Diseño patrón	4.25	3.75	4.00	4.00
Diseño 10% ceniza – 90% cemento	4.10	3.63	3.55	3.76

Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	3.50	3.63	3.75	3.63
Diseño 15% ceniza – 85% cemento	3.00	3.38	3.38	3.25

Figura 1. Diagrama de resultados de asentamiento del concreto



Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de asentamiento del concreto, en la figura 1 se observa los asentamientos promedio obtenidos de cada diseño de mezcla, el patrón obtuvo 4”, el de 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento obtuvo 3.76”, el de 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento obtuvo 3.63” y el de 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento obtuvo 3.25”. De los resultados obtenidos el diseño patrón fue superior al resto de mezclas.

Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador:**Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

Hipótesis Nula (H_0): No existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en el asentamiento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alternativa (H_a): Existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en el asentamiento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

A continuación, se procederán a realizarle la prueba de normalidad, definiremos si la diferencia que existe entre ellos diseños es significativa o no. Definimos el nivel de significancia $\alpha=0.05$, que representa el porcentaje de error que se está asumiendo al realizar las pruebas de hipótesis.

Pruebas de normalidad de los resultados del asentamiento en función al tipo de diseño.

Para el presente desarrollo se realizará el análisis mediante la prueba de Shapiro Wilk por ser en nuestro caso de estudio una muestra menor a 50, partiendo del siguiente planteamiento de hipótesis y tomando en cuenta el siguiente criterio:

Planteamiento de las hipótesis

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal

H_a : Los datos no provienen de una distribución normal

Criterio para determinar la normalidad

Si p-valor de la prueba $< \alpha=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Si p-valor de la prueba $\geq \alpha=0.05$ entonces se acepta la hipótesis nula H_0 .

Tabla 5

Resultados de la prueba de normalidad de asentamiento a los diseños del concreto

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

Asentamiento - Slump	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T0 - Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
T1- 10% Ceniza de carbón de madera	,336	3	.	1,000	3	,258
T2- 12.5% Ceniza de carbón de madera	,178	3	.	1,000	3	,956
T3- 15% Ceniza de carbón de madera	,385	3	.	1,000	3	,078

a. Corrección de significación de Lilliefors

De los resultados de la prueba de normalidad del asentamiento del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se puede observar que los valores de sig. en la prueba de Shapiro – Wilk de todos los casos es mayor a 0.05; entonces, aceptamos la hipótesis nula, los datos provienen de una distribución normal, por lo tanto, todos los grupos se distribuyen normalmente.

Siguiendo con el proceso estadístico se realizará la prueba de ANOVA que nos permitirá comparar todos los diseños y determinar si son iguales entre sí o se ven afectadas por los porcentajes reemplazados de manera significativa; luego se procederá a realizar un análisis mediante la prueba de HSD Tukey y de esa manera determinar cuál de los diseños es el de mejor comportamiento.

Prueba de ANOVA

Se realiza para verificar la diferencia de medias entre los asentamientos de los diseños estudiados y de esa manera se corroboran las hipótesis planteadas mediante los criterios mencionados a continuación:

Planteamiento de las hipótesis

$$H_0: T_0 = T_1 = T_2 = T_3$$

$$H_a: T_i \neq T_j$$

Criterio para determinar la prueba de ANOVA

Si p-valor de la prueba de ANOVA para la igualdad de medias es menor a $\alpha=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Si p-valor de la prueba de ANOVA para la igualdad de medias es mayor o igual a $\alpha=0.05$ entonces se acepta la hipótesis nula H_0 .

Tabla 6

Resultados de la prueba de ANOVA a los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en el asentamiento

ANOVA de un factor					
Trabajabilidad Asentamiento Slump					
	Suma de cuadrados	g l	Media cuadrática	F	Si g.
Entre grupos	,879	3	,292	45	,02
Dentro de grupos	,429	8	,054		
Total	1,305	11			

Como se observa el p-valor es menor que 0.05 ($.025 < 0.05$), lo cual nos permite rechazar la hipótesis nula H_0 que nos dice que todos los diseños son iguales y aceptar la hipótesis alterna que nos dice que los diseños son diferentes, lo que nos quiere decir

que las medias del asentamiento de los diseños se ven afectadas por los porcentajes adicionados; ahora por medio de una prueba HSD Tukey procedemos a verificar cuál de los diseños son parecidos entre sí, ya que todos los diseños no son iguales de efectivos, pues existe diferencias significativas entre ellas.

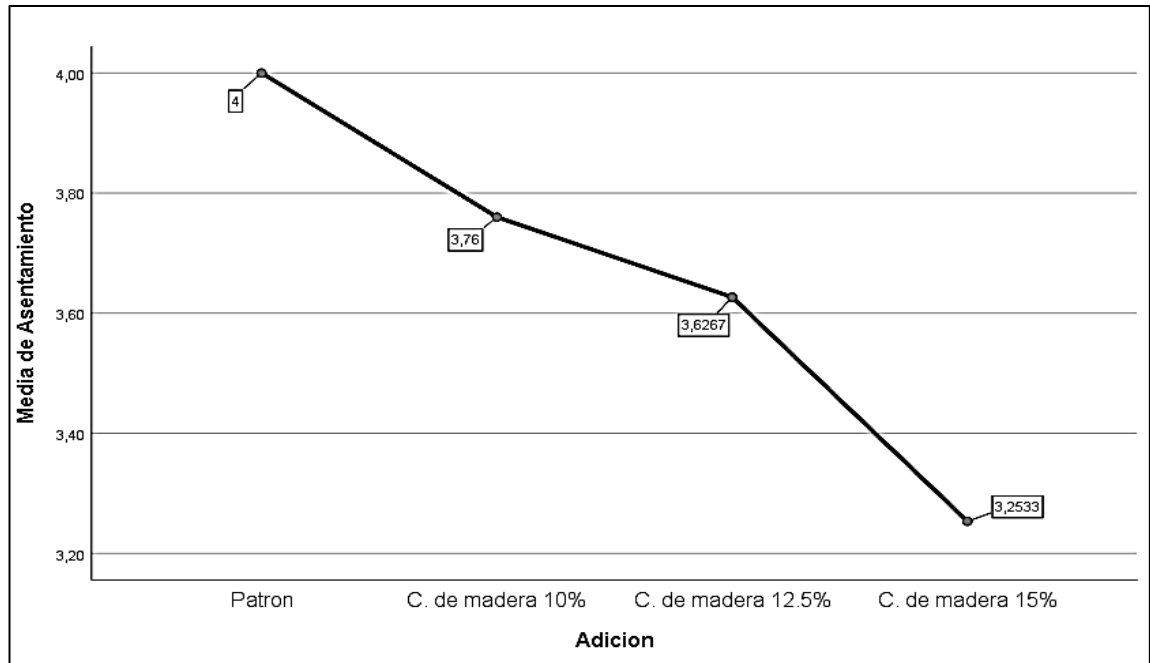
Tabla 7

Tabla de valores HSD Tukey para las medias de asentamiento de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%

Trabajabilidad Asentamiento Slump			
HSD Tukey a			
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3-15% Ceniza de carbón de madera	3	3,25	
T2- 12.5% Ceniza de carbón de madera	3	3,63	3,63
T1- 10% Ceniza de carbón de madera	3	3,76	3,76
T0 - Patrón	3		4,00
Sig.		,105	,273

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 a Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Figura 2. *Diagrama de medias de asentamiento de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%*



De los resultados obtenidos en la prueba de Tukey y del gráfico de medias, podemos observar que, el asentamiento del diseño patrón es significativamente mayor que los demás diseños, mientras que el diseño experimental con 10% de ceniza de carbón de madera es significativamente mayor que los demás diseños experimentales, por lo tanto, concluimos con un nivel de significancia del 5% que, la adición de ceniza de carbón de madera si influye negativamente en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3. Resultados del Objetivo Específico 2

Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión.

Para obtener los resultados del presente objetivo se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión NTP 339.034 (ASTM C39), los mencionados resultados se analizarán de acuerdo con cada mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborada y a cada edad de curado de los especímenes a los 7; 14 y 28 días. Se realizaron 4 diseños de mezcla los cuales difieren en su composición de la siguiente manera: Diseño patrón, diseño 10% ceniza – 90% cemento, diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento y 15% ceniza – 85% cemento. Los resultados obtenidos se mostrarán en las tablas 7,8 y 9.

A continuación, mostramos los resultados a los 7 días:

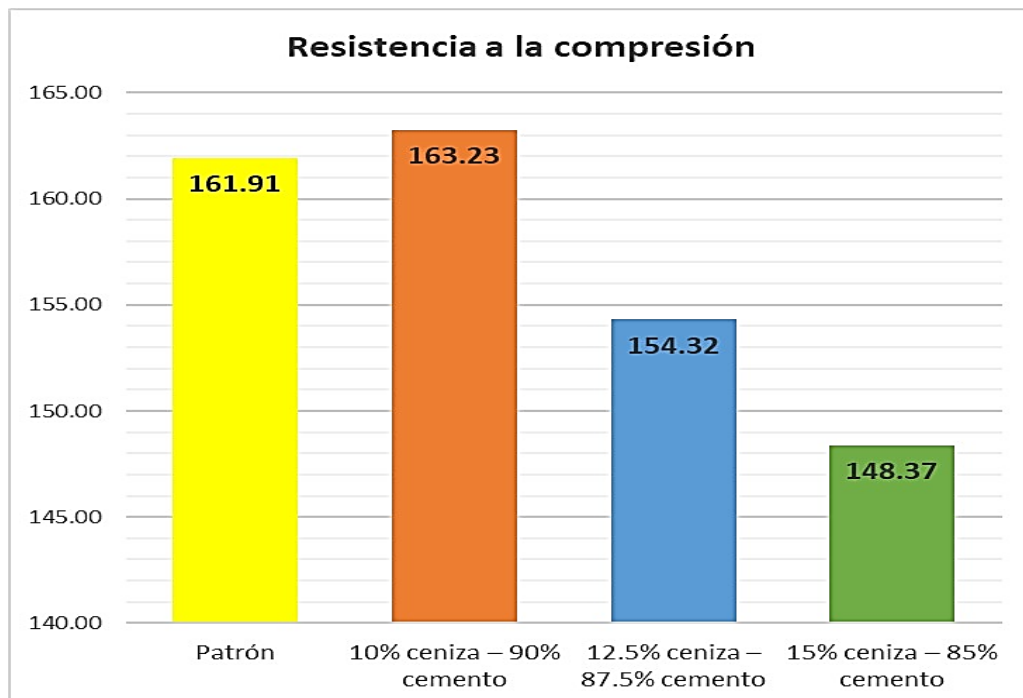
Tabla 8

Resultados de resistencia a la compresión a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034 (ASTM C39) ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
MEZCLA	EDAD	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)	% $F'c$
PROBETA N° 01 Diseño patrón	7	29260	161.25	76.79 %
PROBETA N° 02 Diseño patrón	7	28877	159.14	75.78 %
PROBETA N° 03 Diseño patrón	7	30400	165.35	78.74 %
PROMEDIO Diseño patrón	7	29513	161.91	77.10 %
PROBETA N° 01 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	30090	164.74	78.45 %
PROBETA N° 02 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	29830	162.25	77.26 %

PROBETA N° 03 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	29718	162.70	77.48 %
PROMEDIO Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	29880	163.23	77.73 %
PROBETA N° 01 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	29042	155.92	74.25 %
PROBETA N° 02 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	29108	154.26	73.46 %
PROBETA N° 03 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	28458	152.78	72.75 %
PROMEDIO Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	28869	154.32	73.49 %
PROBETA N° 01 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	27091	147.35	70.17 %
PROBETA N° 02 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	27369	149.84	71.35 %
PROBETA N° 03 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	27552	147.92	70.44 %
PROMEDIO Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	27337	148.37	70.65 %

Figura 3. Diagrama de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días



Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días, en la figura 3 se observa las resistencias promedio obtenidas de acuerdo al diseño de mezcla, el patrón obtuvo 161.91 kg/cm^2 , el de 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento obtuvo 163.23 kg/cm^2 , el de 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento obtuvo 154.32 kg/cm^2 y el de 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento obtuvo 148.37 kg/cm^2 . De los resultados obtenidos el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento fue el único que fue superior al diseño patrón.

A continuación, mostramos los resultados a los 14 días:

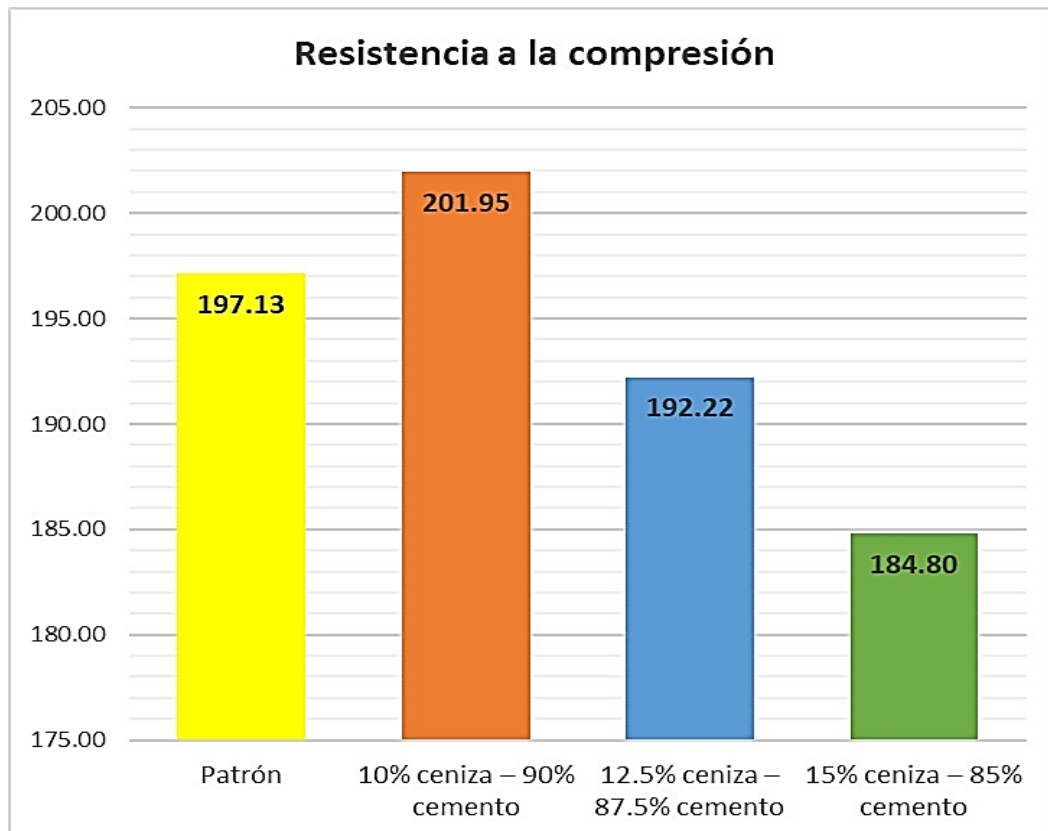
Tabla 9

Resultados de resistencia a la compresión a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034 (ASTM C39) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
MEZCLA	EDAD	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)	% f'_c
PROBETA N° 01 Diseño patrón	14	35874	195.12	92.91 %
PROBETA N° 02 Diseño patrón	14	36447	199.54	95.02 %
PROBETA N° 03 Diseño patrón	14	36646	196.74	93.69 %
PROMEDIO Diseño patrón	14	36322	197.13	93.87 %
PROBETA N° 01 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	36801	201.48	95.94 %
PROBETA N° 02 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	37171	199.56	95.03 %
PROBETA N° 03 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	38646	204.81	97.53 %
PROMEDIO Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	37539	201.95	96.17 %
PROBETA N° 01 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	36158	194.12	92.44 %

PROBETA N° 02 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	34991	190.32	90.63 %
PROBETA N° 03 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	34880	192.22	91.53 %
PROMEDIO Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	35343	192.22	91.53 %
PROBETA N° 01 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	33971	187.21	89.15 %
PROBETA N° 02 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	33998	184.92	88.06 %
PROBETA N° 03 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	33292	182.27	86.80 %
PROMEDIO Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	33754	184.80	88.00 %

Figura 4. Diagrama de resultados de resistencia a la compresión a los 14 días



Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días, en la figura 4 se observa las resistencias promedio obtenidas de acuerdo al diseño de mezcla, el patrón obtuvo 197.13 kg/cm^2 , el de 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento obtuvo 201.95 kg/cm^2 , el de 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento obtuvo 192.22 kg/cm^2 y el de 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento obtuvo 184.80 kg/cm^2 . De los resultados obtenidos el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento fue el único que fue superior al diseño patrón.

A continuación, mostramos los resultados a los 28 días:

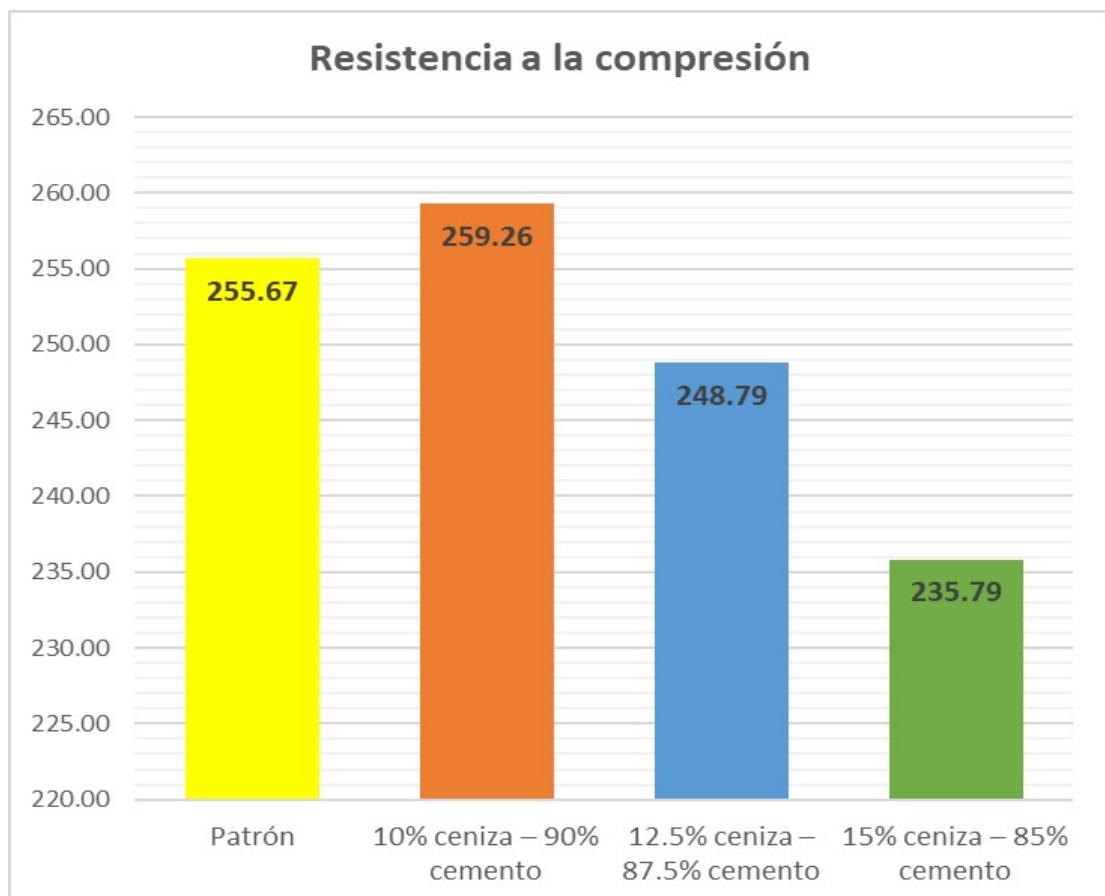
Tabla 10

Resultados de resistencia a la compresión a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034 (ASTM C39) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)				
MEZCLA	EDAD	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)	% F'_c
PROBETA N° 01 Diseño patrón	28	46809	256.27	122.03 %
PROBETA N° 02 Diseño patrón	28	47108	252.91	120.43 %
PROBETA N° 03 Diseño patrón	28	47096	257.84	122.78 %
PROMEDIO Diseño patrón	28	47004	255.67	121.75 %
PROBETA N° 01 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	48641	261.14	124.35 %
PROBETA N° 02 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	48592	257.52	122.63 %
PROBETA N° 03 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	47329	259.12	123.39 %
PROMEDIO Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	48188	259.26	123.46 %
PROBETA N° 01 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	45671	248.41	118.29 %

PROBETA N° 02 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	44878	247.32	117.77 %
PROBETA N° 03 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	45780	250.64	119.35 %
PROMEDIO Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	45443	248.79	118.47 %
PROBETA N° 01 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	43860	235.47	112.13 %
PROBETA N° 02 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	43147	237.78	113.23 %
PROBETA N° 03 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	43044	234.12	111.49 %
PROMEDIO Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	43350	235.79	112.28 %

Figura 5. Diagrama de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días



Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días, en la figura 5 se observa las resistencias promedio obtenidas de acuerdo al diseño de mezcla, el patrón obtuvo 255.67 kg/cm^2 , el de 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento obtuvo 259.26 kg/cm^2 , el de 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento obtuvo 248.79 kg/cm^2 y el de 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento obtuvo 235.79 kg/cm^2 . De los resultados obtenidos el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento fue el único que fue superior al diseño patrón.

Análisis Estadístico Inferencial

Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador:

Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0): No existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la compresión para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alterna (H_a): Existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la compresión para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

A continuación, se procederán a realizarle la prueba de normalidad, definiremos si la diferencia que existe entre ellos diseños es significativa o no. Definimos el nivel de significancia $\alpha=0.05$, que representa el porcentaje de error que se está asumiendo al realizar las pruebas de hipótesis.

Pruebas de normalidad de los resultados de la resistencia a la compresión en función al tipo de diseño.

Para el presente desarrollo se realizará el análisis mediante la prueba de Shapiro Wilk por ser en nuestro caso de estudio una muestra menor a 50, partiendo del siguiente planteamiento de hipótesis y tomando en cuenta el siguiente criterio:

Planteamiento de las hipótesis

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Criterio para determinar la normalidad

Si p-valor de la prueba $< \alpha=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula Ho.

Si p-valor de la prueba $\geq \alpha=0.05$ entonces se acepta la hipótesis nula Ho.

Tabla 11

Resultados de la prueba de normalidad de resistencia a la compresión de los diseños del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Días de Rotura Compresión	Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
T0 patrón	7	,250	3	.	,967	3	,651
	14	,236	3	.	,977	3	,708
	28	,260	3	.	,958	3	,605
T1-10% ceniza carbón madera	7	,322	3	.	,880	3	,325
	14	,237	3	.	,977	3	,706
	28	,197	3	.	,996	3	,872
T2-12.5% ceniza carbón madera	7	,182	3	.	,999	3	,937
	14	,175	3	.	1000	3	1,000
	28	,256	3	.	,962	3	,626
T3-15% ceniza carbón madera	7	,302	3	.	,911	3	,421
	14	,186	3	.	,998	3	,920
	28	,235	3	.	,978	3	,713

a. Corrección de significación de Lilliefors

De los resultados de la prueba de normalidad de resistencia a la compresión de los diseños del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se puede observar que los valores de sig. en la prueba de Shapiro – Wilk de todos los casos es mayor a 0.05; entonces, aceptamos la hipótesis nula, los datos provienen de una distribución normal, por lo tanto, todos los grupos se distribuyen normalmente.

Siguiendo con el proceso estadístico se realizará la prueba de ANOVA que nos permitirá comparar todos los diseños y determinar si son iguales entre sí o se ven afectadas por los porcentajes reemplazados de manera significativa; luego se procederá a realizar un análisis mediante la prueba de HSD Tukey y de esa manera determinar cuál de los diseños es el de mejor comportamiento.

Prueba de ANOVA

Se realiza para verificar la diferencia de medias entre las resistencias a la compresión de los diseños estudiados, en este caso se tomarán los resultados obtenidos a los 28 días, y de esa manera se corroboran las hipótesis planteadas mediante los criterios mencionados a continuación:

Planteamiento de las hipótesis

$$H_0: T_0 = T_1 = T_2 = T_3$$

$$H_a: T_i \neq T_j$$

Criterio para determinar la prueba de ANOVA

Si p-valor de la prueba de ANOVA para la igualdad de medias es menor a $\alpha=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Si p-valor de la prueba de ANOVA para la igualdad de medias es mayor o igual a $\alpha=0.05$ entonces se acepta la hipótesis nula H_0 .

Tabla 12

Resultados de la prueba de ANOVA a los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la compresión

ANOVA de un factor					
Resistencia a la compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	963,790	3	321,263	80,701	,000
Dentro de grupos	31,847	8	3,981		
Total	995,637	11			

Como se observa el p-valor es menor que 0.05 ($.000 < 0.05$), lo cual nos permite rechazar la hipótesis nula H_0 que nos dice que todos los diseños son iguales y aceptar la hipótesis alterna que nos dice que los diseños son diferentes, lo que nos quiere decir que las medias de resistencias a la compresión de los diseños se ven afectadas por los porcentajes adicionados; ahora por medio de una prueba HSD Tukey procedemos a verificar cuál de los diseños son parecidos entre sí, ya que todos los diseños no son iguales de efectivos, pues existe diferencias significativas entre ellas.

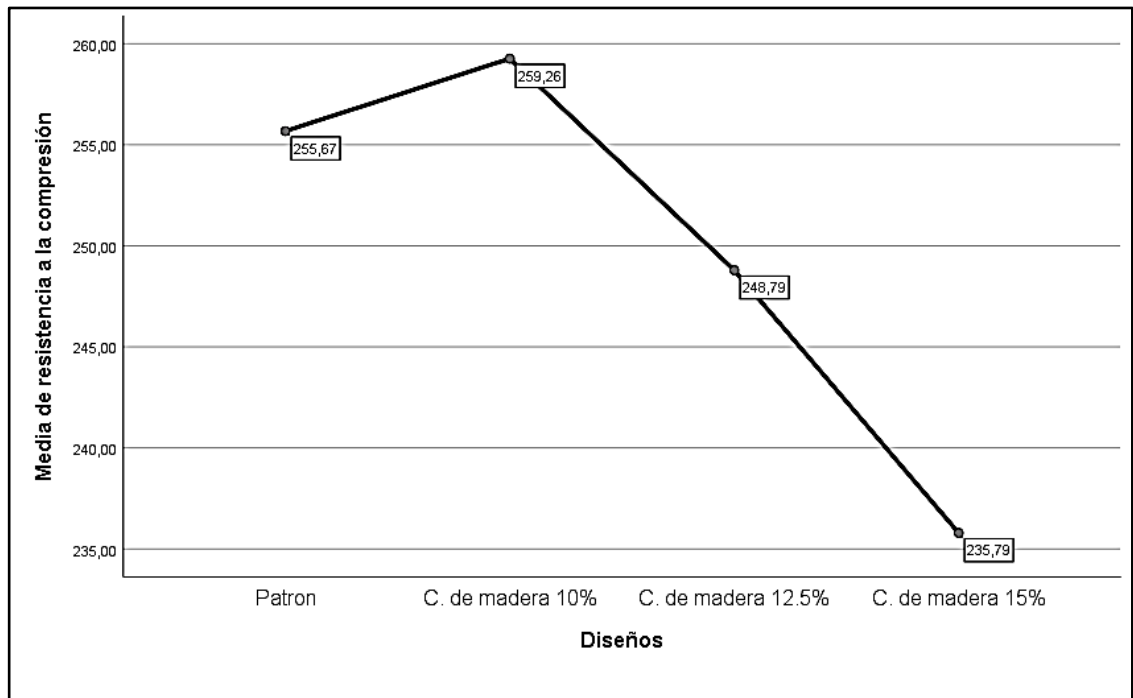
Tabla 13

Tabla de valores HSD Tukey para las medias de resistencia a la compresión de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%

Resistencia a la compresión				
HSD Tukey				
Diseños	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3-15% ceniza carbón madera	3	235,79		
T2-12.5% ceniza carbón madera	3		248,79	
Patrón	3			255,67
T1-10% ceniza carbón madera	3			259,26
Sig.		1,000	1,000	,202

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Figura 6. *Diagrama de medias de la resistencia a la compresión de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%*



De la figura 6 del diagrama de medias de resistencias a la compresión de la prueba de HSD Tukey se puede observar que el diseño de cenizas de carbón de madera al 10%, es el que logro una mayor resistencia a la compresión, ya que tuvo una mejora significativa; además se evidencia que existen diferencias significativas entre los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%.

3.4. Resultados del Objetivo Específico 3

Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la tracción por compresión diametral.

Para obtener los resultados del presente objetivo se realizaron los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral NTP 339.084 (ASTM C496), los mencionados resultados se analizarán de acuerdo con cada mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborada y a cada edad de curado de los especímenes a los 7; 14 y 28 días. Se realizaron 4 diseños de mezcla los cuales difieren en su composición de la siguiente manera: Diseño patrón, diseño 10% ceniza – 90% cemento, diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento y 15% ceniza – 85% cemento. Los resultados obtenidos se mostrarán en las tablas 13, 14 y 15.

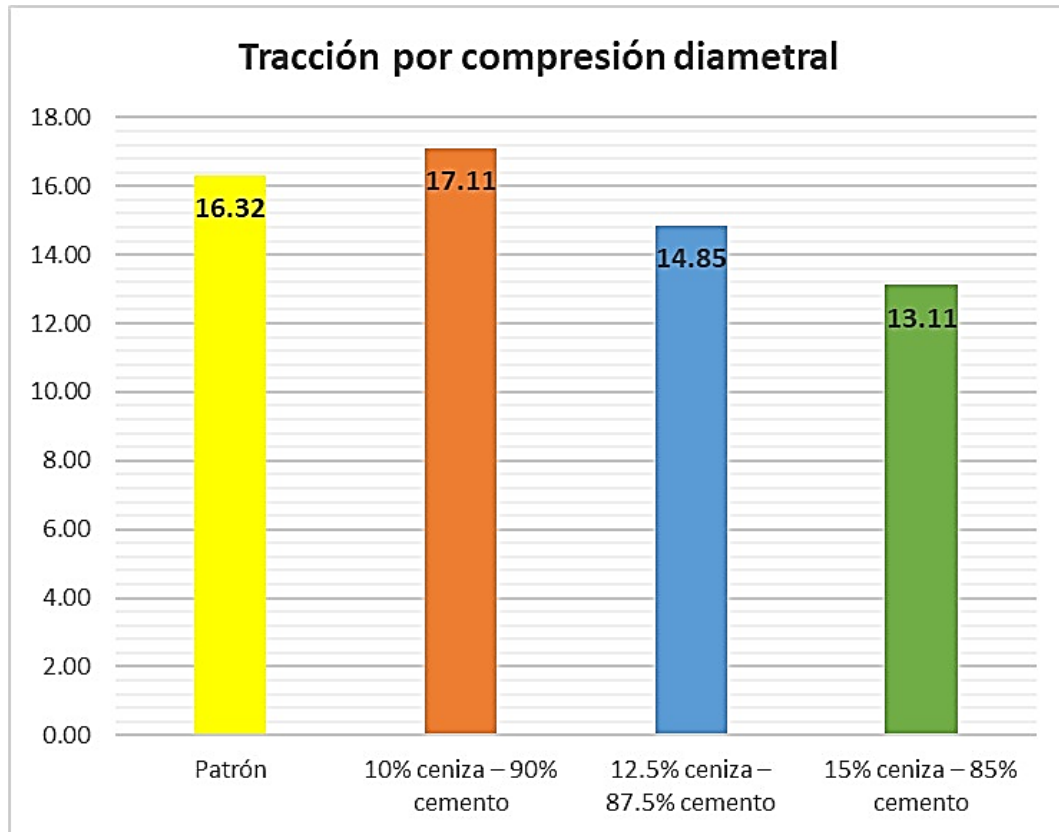
A continuación, se muestra los resultados a los 7 días:

Tabla 14

Resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.084 (ASTM C496) ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)			
MEZCLA	EDAD	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)
PROBETA N° 01 Diseño patrón	7	11687	15.84
PROBETA N° 02 Diseño patrón	7	12307	16.79
PROMEDIO Diseño patrón	7	11997	16.32
PROBETA N° 01 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	12317	16.97
PROBETA N° 02 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	12720	17.24
PROMEDIO Diseño 10% ceniza – 90% cemento	7	12519	17.11
PROBETA N° 01 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	10384	14.26
PROBETA N° 02 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	11207	15.44
PROMEDIO Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	7	10796	14.85
PROBETA N° 01 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	9527	12.87
PROBETA N° 02 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	9882	13.35
PROMEDIO Diseño 15% ceniza – 85% cemento	7	9704	13.11

Figura 7. Diagrama de resultados de resistencia a la tracción a los 7 días



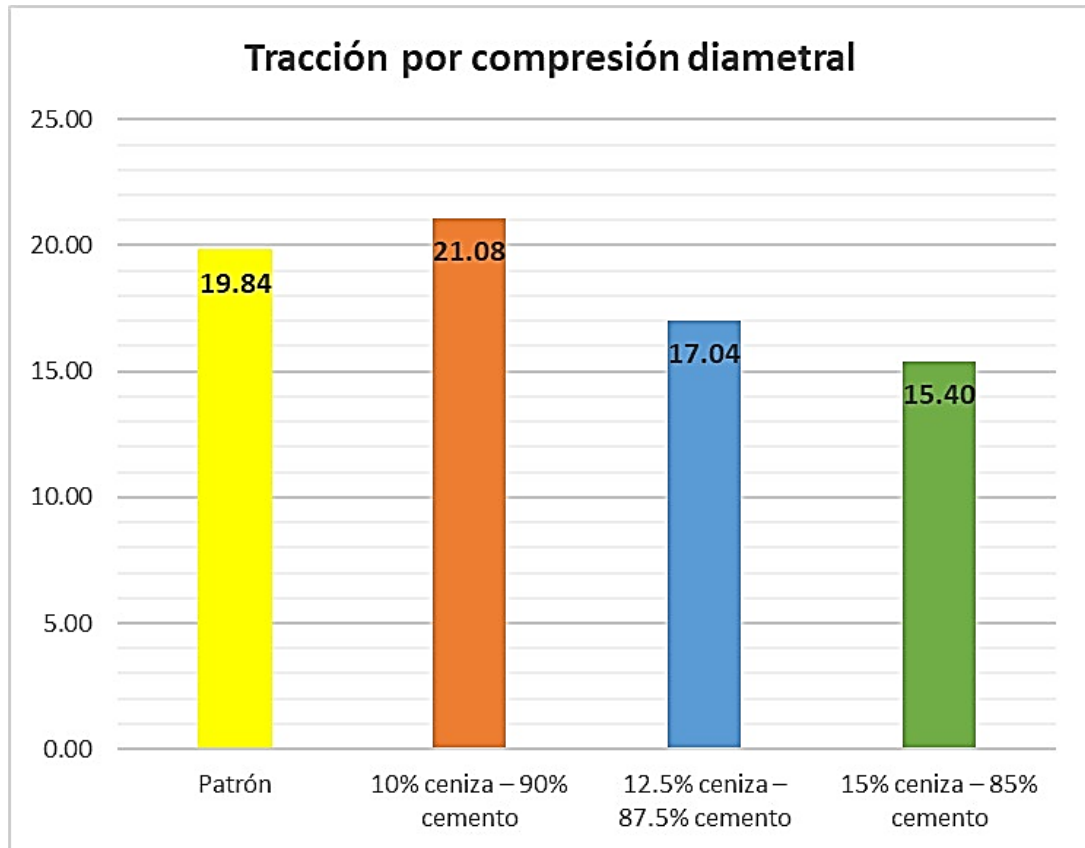
Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días, en la figura 7 se observa las resistencias promedio obtenidas de acuerdo al diseño de mezcla, el patrón obtuvo 16.32 kg/cm^2 , el de 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento obtuvo 17.11 kg/cm^2 , el de 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento obtuvo 14.85 kg/cm^2 y el de 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento obtuvo 13.11 kg/cm^2 . De los resultados obtenidos el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento fue el único que fue superior al diseño patrón.

A continuación, se muestra los resultados a los 14 días:

Tabla 15
Resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 14 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.084 (ASTM C496) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)			
MEZCLA	EDAD	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)
PROBETA N° 01 Diseño patrón	14	14693	20.11
PROBETA N° 02 Diseño patrón	14	14244	19.56
PROMEDIO Diseño patrón	14	14468	19.84
PROBETA N° 01 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	15231	20.51
PROBETA N° 02 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	15973	21.65
PROMEDIO Diseño 10% ceniza – 90% cemento	14	15602	21.08
PROBETA N° 01 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	12337	16.83
PROBETA N° 02 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	12637	17.24
PROMEDIO Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	14	12487	17.04
PROBETA N° 01 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	10865	14.92
PROBETA N° 02 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	11671	15.87
PROMEDIO Diseño 15% ceniza – 85% cemento	14	11268	15.40

Figura 8. Diagrama de resultados de resistencia a la tracción a los 14 días



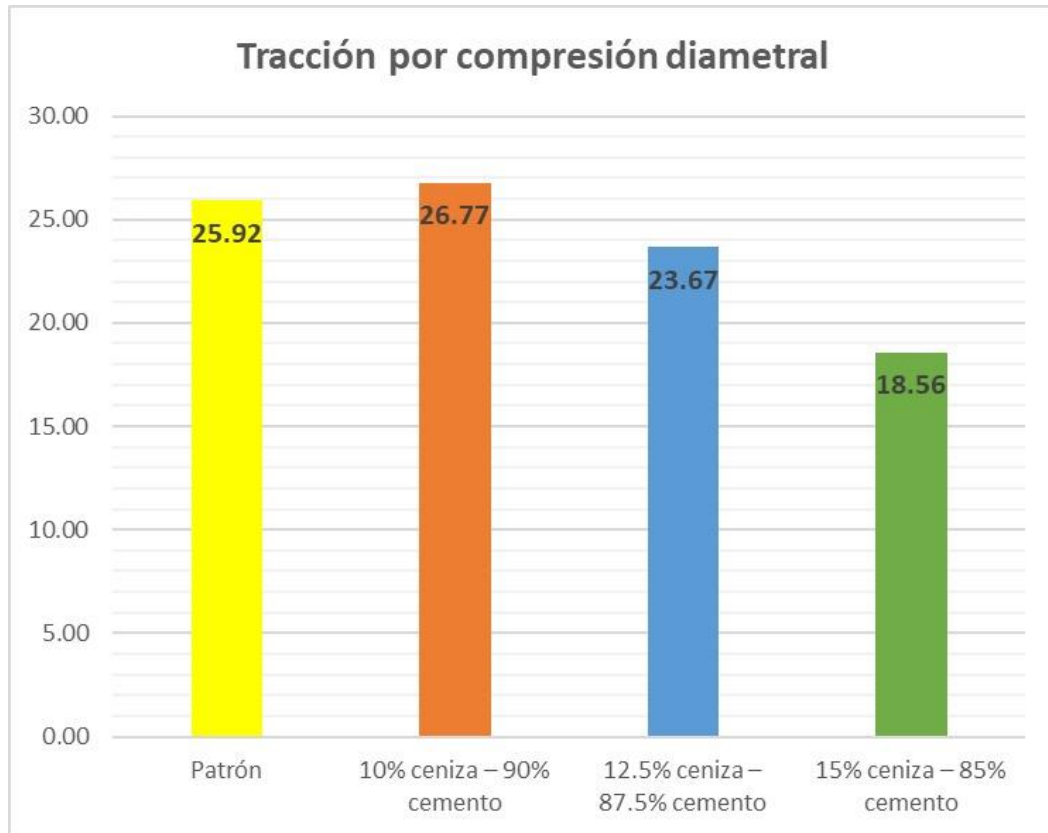
Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 14 días, en la figura 8 se observa las resistencias promedio obtenidas de acuerdo al diseño de mezcla, el patrón obtuvo 19.84 kg/cm^2 , el de 10% ceniza de carbón de madera - 90% cemento obtuvo 21.08 kg/cm^2 , el de 12.5% ceniza de carbón de madera - 87.5% cemento obtuvo 17.04 kg/cm^2 y el de 15% ceniza de carbón de madera - 85% cemento obtuvo 15.40 kg/cm^2 . De los resultados obtenidos el diseño con 10% ceniza de carbón de madera - 90% cemento fue el único que fue superior al diseño patrón.

A continuación, se muestra los resultados a los 28 días:

Tabla 16
Resultados de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.084 (ASTM C496) ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)			
MEZCLA	EDAD	CARGA MÁXIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)
PROBETA N° 01 Diseño patrón	28	18740	25.65
PROBETA N° 02 Diseño patrón	28	19253	26.18
PROMEDIO Diseño patrón	28	18997	25.92
PROBETA N° 01 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	19664	26.48
PROBETA N° 02 Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	19965	27.06
PROMEDIO Diseño 10% ceniza – 90% cemento	28	19814	26.77
PROBETA N° 01 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	17674	24.27
PROBETA N° 02 Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	16800	23.07
PROMEDIO Diseño 12.5% ceniza – 87.5% cemento	28	17237	23.67
PROBETA N° 01 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	14006	19.17
PROBETA N° 02 Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	13021	17.94
PROMEDIO Diseño 15% ceniza – 85% cemento	28	13514	18.56

Figura 9. Diagrama de resultados de resistencia a la tracción a los 28 días



Enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días, en la figura 9 se observa las resistencias promedio obtenidas de acuerdo al diseño de mezcla, el patrón obtuvo 25.92 kg/cm^2 , el de 10% ceniza de carbón de madera - 90% cemento obtuvo 26.77 kg/cm^2 , el de 12.5% ceniza de carbón de madera - 87.5% cemento obtuvo 23.67 kg/cm^2 y el de 15% ceniza de carbón de madera - 85% cemento obtuvo 18.56 kg/cm^2 . De los resultados obtenidos el diseño con 10% ceniza de carbón de madera - 90% cemento fue el único que fue superior al diseño patrón.

Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador:

Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

Hipótesis Nula (H_0): No existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la tracción para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Hipótesis Alternativa (H_a): Existe un efecto significativo de los porcentajes de cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la tracción para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

A continuación, se procederán a realizarle la prueba de normalidad, definiremos si la diferencia que existe entre ellos diseños es significativa o no. Definimos el nivel de significancia $\alpha=0.05$, que representa el porcentaje de error que se está asumiendo al realizar las pruebas de hipótesis.

Pruebas de normalidad de los resultados de la resistencia a la tracción en función al tipo de diseño.

Para el presente desarrollo se realizará el análisis mediante la prueba de Shapiro Wilk por ser en nuestro caso de estudio una muestra menor a 50, partiendo del siguiente planteamiento de hipótesis y tomando en cuenta el siguiente criterio:

Planteamiento de las hipótesis

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal

H_a : Los datos no provienen de una distribución normal

Criterio para determinar la normalidad

Si p-valor de la prueba $< \alpha=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Si p-valor de la prueba $\geq \alpha=0.05$ entonces se acepta la hipótesis nula H_0 .

Tabla 17

Resultados de la prueba de normalidad de resistencia a la tracción de los diseños del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Días de Rotura tracción	Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
T0 patrón	7	,176	2	.	1,000	2	,988
	14	,273	2	.	,945	2	,548
	28	,202	2	.	,994	2	,855
T1-10% ceniza carbón madera	7	,178	2	.	1,000	2	,959
	14	,181	2	.	,999	2	,942
	28	,296	2	.	,918	2	,446
T2-12.5% ceniza carbón madera	7	,176	2	.	1,000	2	,981
	14	,186	2	.	,998	2	,919
	28	,180	2	.	,999	2	,945
T3-15% ceniza carbón madera	7	,175	2	.	1,000	2	1,00
	14	,192	2	.	,997	2	,896
	28	,195	2	.	,996	2	,884

a. Corrección de significación de Lilliefors

De los resultados de la prueba de normalidad de resistencia a la tracción de los diseños del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se puede observar que los valores de sig. en la prueba de Shapiro – Wilk de todos los casos es mayor a 0.05; entonces, aceptamos la hipótesis nula, los datos provienen de una distribución normal, por lo tanto, todos los grupos se distribuyen normalmente.

Siguiendo con el proceso estadístico se realizará la prueba de ANOVA que nos permitirá comparar todos los diseños y determinar si son iguales entre sí o se ven afectadas por los porcentajes reemplazados de manera significativa; luego se procederá a realizar un análisis mediante la prueba de HSD Tukey y de esa manera determinar cuál de los diseños es el de mejor comportamiento.

Prueba de ANOVA

Se realiza para verificar la diferencia de medias entre las resistencias a la tracción de los diseños estudiados, en este caso se tomarán los resultados obtenidos a los 28 días, y de esa manera se corroboran las hipótesis planteadas mediante los criterios mencionados a continuación:

Planteamiento de las hipótesis

Ho: $T_0 = T_1 = T_2 = T_3$

Ha: $T_i \neq T_j$

Criterio para determinar la prueba de ANOVA

Si p-valor de la prueba de ANOVA para la igualdad de medias es menor a $\alpha=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula Ho.

Si p-valor de la prueba de ANOVA para la igualdad de medias es mayor o igual a $\alpha=0.05$ entonces se acepta la hipótesis nula Ho.

Tabla 18

Resultados de la prueba de ANOVA a los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15% en la resistencia a la tracción

ANOVA de un factor					
Resistencia a la tracción					
	Suma de cuadrados	g l	Media cuadrática	F	Si g.
Entre grupos	81,600	3	27,200	49	60,9 1
Dentro de grupos	1,785	4	,446		
Total	83,385	7			

Como se observa el p-valor es menor que 0.05 ($.001 < 0.05$), lo cual nos permite rechazar la hipótesis nula H_0 que nos dice que todos los diseños son iguales y aceptar la hipótesis alterna que nos dice que los diseños son diferentes, lo que nos quiere decir que las medias de resistencias a la tracción de los diseños se ven afectadas por los porcentajes adicionados; ahora por medio de una prueba HSD Tukey procedemos a verificar cuál de los diseños son parecidos entre sí, ya que todos los diseños no son iguales de efectivos, pues existe diferencias significativas entre ellas.

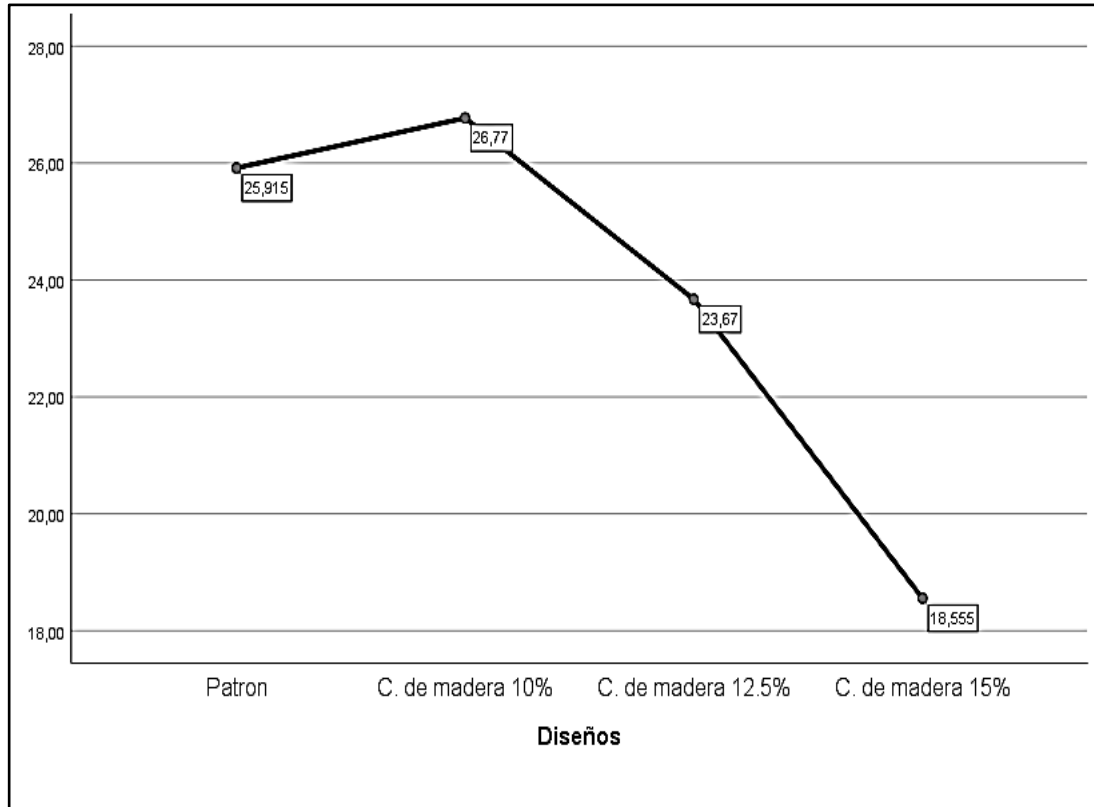
Tabla 19

Tabla de valores HSD Tukey para las medias de resistencia a la tracción de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%

Resistencia a la tracción				
HSD Tukey				
Diseños	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3-15% ceniza carbón madera	2	18,56		
T2-12.5% ceniza carbón madera	2		23,67	
Patrón	2		25,92	25,92
T1-10% ceniza carbón madera	2			26,77
Sig.		1,000	,090	,618

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 a Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Figura 10. Diagrama de medias de la resistencia a la tracción de los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%



De la figura 10 del diagrama de medias de resistencias a la tracción de la prueba de HSD Tukey se puede observar que el diseño de cenizas de carbón de madera al 10%, es el que logro una mayor resistencia a la tracción, ya que tuvo una mejora significativa; además se evidencia que existen diferencias significativas entre los diseños patrón y con cenizas de carbón de madera al 10%, 12.5% y 15%.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Con relación al asentamiento del concreto, en base al estudio realizado por Solano (2020), en donde realizaron un diseño de mezcla en el cual indica el estudio que el mejor resultado se da con el remplazo de ceniza en 4%, reduciéndose el asentamiento en 7.73%. Elinwa, A., & Mahmood, Y. (2002) realizaron varias mezclas reemplazando el cemento por ceniza de madera con porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%; obtuvieron que a mayor porcentaje de ceniza disminuye el asentamiento, obteniendo el concreto patrón 3.15" de asentamiento; 5% ceniza obtuvo 2.95"; 10% obtuvo 2.36"; 15% obtuvo 2.28"; 20% obtuvo 2.13"; 25% obtuvo 1.81" y 30% obtuvo 1.57". En comparación con nuestra investigación, en donde las mejores características se hallaron en el diseño de mezcla con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento, en donde se obtuvo un asentamiento promedio de 3.76" lo que indica una reducción de 6% respecto de las 4" del concreto patrón.

En cuanto a la resistencia a la compresión, según el estudio realizado por Evaristo (2018), realizó diseños de mezcla adicionando ceniza de viruta de madera tornillo, el diseño óptimo a los 28 días de curado fue con la adición de 2% de ceniza obteniendo 231.92 kg/cm^2 frente a los 219.28 kg/cm^2 del concreto patrón. Por otro lado, Timoteo (2021), realizó diseños de mezcla reemplazando el cemento por ceniza de madera, siendo su mejor resultado la sustitución de 10% de cemento por ceniza de madera, de lo cual se obtuvieron resultados similares al concreto patrón, obteniendo a los 28 días de curado $f'c = 236 \text{ kg/cm}^2$ frente a los $f'c = 237 \text{ kg/cm}^2$ con el concreto patrón. En comparación con nuestra investigación, para los ensayos de resistencia a la

compresión los mejores valores se dieron con el diseño de mezcla de 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento, obteniendo mejoras del 1.4% a los 28 días de curado con respecto al patrón llegando hasta valores promedio de 259.26 kg/cm^2 , evidenciándose una mejora en los resultados.

En la resistencia a la tracción por compresión diametral, de acuerdo con la investigación realizada por Chowdhury et al (2015), realizaron mezclas reemplazando 5%, 10%, 15%, 18% y 20% de cemento por ceniza de madera, de donde el mejor comportamiento fue con el reemplazo de 5% obteniéndose a los 28 días de curado una resistencia a la tracción de 33.04 kg/cm^2 frente a los 33.7 kg/cm^2 del concreto patrón. Además, Kumar, P., & Kumar, K. (2015) elaboraron mezclas adicionando fibras de acero y ceniza de madera, en cuyo estudio obtuvieron que, añadiendo sólo ceniza de madera en 20% la tracción aumenta en un 8.92% respecto al concreto patrón. En comparación con nuestra investigación, en el ensayo de resistencia a la tracción el mejor comportamiento se dio con el reemplazo de 10% de cemento por ceniza de carbón de madera, obteniendo a los 28 días mejoras del 3.27% con respecto al patrón llegando hasta valores promedio de 26.77 kg/cm^2 .

4.2. Conclusiones

Del primer objetivo de la presente tesis, que respecta al asentamiento del concreto se obtuvo que el mayor valor promedio corresponde al concreto patrón con 4", y para los diseños de mezcla siguientes los valores disminuyen conforme aumenta el porcentaje de reemplazo de ceniza de carbón de madera reciclada. Para el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento se obtuvo como asentamiento promedio 3.76", para el diseño con 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5%

cemento se obtuvo 3.63” y para el diseño con 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento se obtuvo 3.25”. Cabe recalcar que a pesar de la disminución del asentamiento, todos los valores se mantienen en el rango de 3” a 4”.

De acuerdo con el segundo objetivo, de la resistencia a la compresión se obtuvo que el de mejor comportamiento en todas las edades es el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento. A los 7 días de curado obtuvo un esfuerzo promedio de 163.23 kg/cm^2 , a los 14 días de curado obtuvo un esfuerzo promedio de 201.95 kg/cm^2 y a los 28 días de curado obtuvo un esfuerzo promedio de 259.26 kg/cm^2 , en comparación con el concreto patrón a los 7 días se obtuvo una mejora del 1%, a los 14 días se obtuvo una mejora del 2.5% y a los 28 días se obtuvo una mejora del 1.4%. También se concluye estadísticamente que existe evidencia suficiente para afirmar con un nivel de significancia del 5% que al usar el 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento aumenta significativamente la resistencia a la compresión del concreto, mientras que con los porcentajes del 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento y 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento el aumento de las medias de las resistencias a la compresión no es significativo, es decir son similares o menores al diseño patrón.

De acuerdo con el tercer objetivo de resistencia a la tracción por compresión diametral se obtuvo que el de mejor comportamiento en todas las edades es el diseño con 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento. A los 7 días de curado obtuvo un esfuerzo promedio de 17.11 kg/cm^2 , a los 14 días de curado obtuvo un esfuerzo promedio de 21.08 kg/cm^2 y a los 28 días de curado obtuvo un esfuerzo promedio de

26.77 kg/cm^2 , en comparación con el concreto patrón a los 7 días se obtuvo una mejora del 4.8%, a los 14 días se obtuvo una mejora del 6.3% y a los 28 días se obtuvo una mejora del 3.3%. También se concluye estadísticamente que existe evidencia suficiente para afirmar con un nivel de significancia del 5% que al usar el 10% ceniza de carbón de madera – 90% cemento aumenta significativamente la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto, mientras que con los porcentajes del 12.5% ceniza de carbón de madera – 87.5% cemento y 15% ceniza de carbón de madera – 85% cemento el aumento de las medias de las resistencias a la tracción no es significativo, es decir son similares o menores al diseño patrón.

REFERENCIAS

- Alan, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica*. Ediciones UTMACH. Ecuador.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ta. Fidas G. Arias Odón.
- Benhelal, E., Zahedi, G., Shamsaei, E., & Bahadori, A. (2013). Global strategies and potentials to curb CO₂ emissions in cement industry. *Journal of cleaner production*, 51, 142-161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.049>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ministerio de Fomento de España (2014). *Cenizas procedentes de la incineración de biomasa*. <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/23/cenizas-procedentes-de-la-incineracion-de-biomasa/>
- Carrasco, S (2006). *Metodología de la investigación científica*. Editorial San Marcos.
- Chinguel, R. (2020). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto en adoquines tipo III, utilizando ceniza de hoja de eucalipto y microsílíce con ceniza de hoja de eucalipto*, Lima 2019. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/57298>
- Chowdhury, S., Maniar, A., & Suganya, O.M. (2015). Strength development in concrete with wood ash blended cement and use of soft computing models to predict strength parameters. *Journal of Advanced Research*, 6(6), 907-913. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.08.006>
- Dieterich Steffan, H. (2008). *Nueva guía para la investigación científica*.
- Elinwa, A. U., & Mahmood, Y. A. (2002). Ash from timber waste as cement replacement material. *Cement and Concrete Composites*, 24(2), 219-222.

[https://doi.org/10.1016/s0958-9465\(01\)00039-7](https://doi.org/10.1016/s0958-9465(01)00039-7)

Evaristo, F. (2018) *Resistencia de concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza de viruta de madera- Huaraz - 2017*. [Tesis de Grado, Universidad San Pedro].
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5477>

Fonseca, L. (2016). Empleo de ceniza volante colombiana como material cementicio suplementario y sus efectos sobre la fijación de cloruros en concretos. *Ingeniería Mecatrónica*.

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.

Idrogo, S. (2018). *Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa arbórea*. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/14096>

INACAL. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* (NTP 400.021).

INACAL. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino* (NTP 400.022).

INACAL. (2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas* (NTP 339.034).

INACAL. (2012). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica* (NTP 339.084).

INDECOPI. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (NTP 400.012).

INDECOPI. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de*

- humedad total evaporable de agregados por secado* (NTP 339.185).
- INDECOPI. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados* (NTP 400.017).
- INDECOPI. (2022). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland* (NTP 339.035).
- INDECOPI. (2011). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión* (NTP 339.080).
- INDECOPI. (2021). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto* (NTP 339.184).
- INDECOPI. (2008). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto* (NTP 339.046).
- Kumar, P. G., & Kumar, K. S. (2015). Studies on strength characteristics of fibre reinforced concrete with wood waste ash. *STUDIES*, 2(09).
- Montero, D. (2017). Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. *Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. Quito: USFQ. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6412>*.
- Solano, J. (2020) Influencia de la ceniza de hojas de eucalipto en las propiedades del concreto simple para mortero en muros no portantes. [Tesis de Grado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2023>
- Tamanna, K., Raman, S. N., Jamil, M., & Hamid, R. (2020). Utilization of wood waste ash in construction technology: A review. *Construction and Building Materials*, 237,

117654. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117654>

- Timoteo, Y. (2021). Influencia de sustitución del cemento por ceniza de madera sobre la resistencia a la compresión del concreto $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ —2021.
- Udoeyo, F. F., Inyang, H., Young, D. T., & Oparadu, E. E. (2006). Potential of wood waste ash as an additive in concrete. *Journal of materials in civil engineering*, 18(4), 605-611. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(2006\)18:4\(605\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(2006)18:4(605))
- Vera, J. & Zambrano, W. (2013). Uso de las cenizas activadas del carbón proveniente de los calderos industriales, como sustituto parcial del cemento, para fabricar morteros de cemento portland.
- Vivas, K. (2016). *Diseño de un hormigón liviano elaborado con ceniza de madera como sustituto parcial del agregado fino* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).
- Zhuge, Y., Duan, W., & Liu, Y. (2022). Utilization of wood waste ash in green concrete production. In R. Siddique y R. Belarbi (Ed.), *Sustainable Concrete Made with Ashes and Dust from Different Sources: Materials, Properties and Applications* (pp. 419-450). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-01219-3>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia y Operacionalización de variables

Matriz de Consistencia

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Título: Influencia de la adición de ceniza de carbón de madera reciclada en la resistencia a la compresión y tracción por compresión diametral del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2023

Problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema General: ¿En qué medida influye la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por compresión diametral?	Objetivo general: Analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por compresión diametral.	Hipótesis general: La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por compresión diametral.	INDEPENDIENTE	Ceniza de carbón de madera reciclada	Peso	Porcentaje %	Balanza
					Dosificación	10, 12.5 y 15% del peso de cemento	Balanza
Problemas Específicos: ¿Cómo analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el asentamiento?	Objetivos específicos: Analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el asentamiento.	Hipótesis específicas: La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en el asentamiento.	DEPENDIENTE	Resistencia a la compresión y resistencia a tracción por compresión diametral	Asentamiento del concreto (slump)	pulg	NTP 339.035:2022 (ASTM C143) Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico
¿Cuál será la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión?	Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la compresión.	La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en la resistencia a la compresión.			Resistencia a la compresión	kg/cm^2	NTP 339.034:2015 (ASTM C39) Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas
¿De qué manera evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la tracción por compresión diametral?	Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la resistencia a la tracción por compresión diametral.	La incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo parcial del cemento para un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ influye en la resistencia a la tracción por compresión diametral.			Resistencia a tracción por compresión diametral	kg/cm^2	NTP 339.084:2012 revisado el 2017 (ASTM C496/C496M) Método de ensayo para la determinación de la resistencia a tracción por compresión diametral

Matriz de Operacionalización

Variab les	Indicadores	Ítems
Asentamiento del concreto	Distancia de mezcla a varilla.	Flexómetro - in Cono de Abrams - in
Resistencia a la compresión	Carga máxima de rotura. Longitud del espécimen. Diámetro del espécimen. Espesor del espécimen.	Prensa hidráulica y formatos – kg/cm^2 . Balanza, horno, deposito con agua - %. Regla graduada - cm. Balanza - Kg. Observación.
Resistencia a la tracción por compresión diametral	Carga máxima Longitud del espécimen. Diámetro del espécimen.	Prensa hidráulica y formatos – kg/cm^2 . Balanza, horno, deposito con agua - %. Regla graduada - cm. Balanza - Kg. Observación.
Ceniza de carbón de madera	Dosificación. Peso.	Formatos – %. Balanza – gr.

Anexo 2. Procedimiento de Ensayos de Laboratorio

Ensayos de Laboratorio

Los procedimientos utilizados en laboratorio están basados en el método ACI-211 para la posterior realización de ensayos sobre pruebas mecánicas que consisten en Asentamiento, Resistencia a la compresión y Resistencia a la tracción por compresión diametral. Con respecto a la determinación de la dosificación se utilizó el método ACI, ya que, se define la proporción de cada elemento (agregado fino, agregado grueso, cemento, agua), como también la incorporación de ceniza de carbón de madera reciclada en reemplazo porcentual del cemento. Se elaboraron diversos diseños de mezcla, las cuales difieren en la cantidad de cemento y ceniza de carbón de madera reciclada, para posteriormente elaborar las probetas cilíndricas.

Se muestra a continuación el procedimiento de los ensayos realizados:

Ensayos a los agregados

Cuarteo de los Agregados

Según la norma N.T.P. 400.010, el cuarteado es un procedimiento realizado en agregados para seleccionar una muestra representativa de la muestra a ensayar. Primero, la muestra seleccionada se mezcla a fondo para lograr la homogeneidad, seguido de la reducción del material, que se realiza sobre una superficie plana, limpia y cubierta con protección plástica para evitar la entrada de materias extrañas y la pérdida de agregados. Use la muestra uniforme para hacer una pila en forma de cono, luego divídala en cuatro partes iguales y tome las dos partes opuestas, y luego realice el proceso de reducción de material. Este proceso se repite tres veces. El material resultante de la reducción será una muestra

representativa de árido fino apta para el ensayo correspondiente. A continuación, se muestra los procesos de cuarteo y seleccionado de los agregados gruesos y finos.

Granulometría del agregado grueso y fino

Este ensayo sirve para determinar los distintos tamaños de agregado que contiene la muestra a analizar. Para ello es importante pasar por los diferentes tamices ya normados, ya que de ellos dependerán algunas propiedades del concreto.

En lo referido a concreto permeables valores de b/b_0 , se tiene valores de corrección para el agregado grueso para husos N°8 Y N°67, muy importante para el diseño.

Especificaciones técnicas para el agregado grueso

Para el agregado grueso el requerimiento granulométrico indica que deben estar graduado en los siguientes límites según la norma N.T.P. 400.012.

Figura 11. Huso 8 y 67

Tamiz	Huso 8	Huso 67
	Porcentaje que pasa	Porcentaje que pasa
2"	----	----
1 ½"	----	----
1"	----	100
¾"	----	90 a 100
½"	100	----
3/8"	85 a 100	20 a 55
N°4	10 a 30	0 a 10
N°8	0 a 10	0 a 5
N°16	0 a 5	----
Fondo	----	----

Fuente: norma N.T.P. 400.012

Para determinar la granulometría se utilizará los siguientes equipos y aparatos.

- Taras

- Balanza electrónica
- Juegos de tamices que la conforman las siguientes mallas: 2", 1 1/2", 1, 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16 y fondo.
- Un horno

Procedimiento

- Se toma una muestra de 3000.00g pesada en una balanza electrónica.
- Se procede a realizar el tamizado de manera manual, pasando el 100% del material por la malla 1/2" obteniendo así su Tamaño Máximo (TM).
- Luego se tamiza por la malla N°3/8, en donde se retiene material y este viene hacer su Tamaño Máximo Nominal. (TMN).
- Luego sucesivamente se realizó el tamizado a través de las mallas N°8, N°16, y el fondo.

Especificaciones técnicas para el agregado fino

Para el agregado grueso el requerimiento granulométrico indica que deben estar graduado en los siguientes límites.

Figura 12. Límites granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N°4	95-100
N°8	80-100
N°16	50-85
N° 30	25-60
N° 50	10-30
N°100	2-10

Fuente: norma N.T.P. 400.012

Para determinar la granulometría se utilizará los siguientes equipos y aparatos.

- Taras
- Balanza electrónica
- Juegos de tamices que la conforman las siguientes mallas: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo.
- Un horno

Procedimiento

- Se toma una muestra de 500.00g pesada en una balanza electrónica.
- Se procede a realizar el tamizado de manera manual, pasando el 100% del material por la malla 3/8", obteniendo así el módulo de fineza.
- Luego se tamiza por la malla N°4, en donde se retiene material.
- Luego sucesivamente se realizó el tamizado a través de las mallas N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y el fondo.

Ensayo del contenido de humedad de los agregados

Se determinó el contenido de humedad de la arena gruesa, siguiendo las especificaciones dadas en la norma ASTM C 566. Los pasos a seguir en este ensayo son: Se procede a pesar en una balanza de 0.01g de precisión dos frascos de metal vacíos donde se colocará la muestra (WL). Luego se pesa en una balanza de 0.01g de precisión, los mismos frascos, pero conteniendo cierta cantidad de muestra (WM). Después de pesar en una balanza de 0.01g de precisión, la muestra con las con los frascos y tomar nota del valor correspondiente, se lleva las muestras a la estufa a $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ por 24 horas (WS). Finalmente, transcurridas las 24 horas, se sacarán las muestras de la estufa y se colocarán en un desecador por 1 hora, para luego pesarlas (WS) y calcular el contenido de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_{MH} - W_{MS}}{W_{MS}} \times 100$$

W_{MH} = Masa de la muestra con Humedad (g) = $W_M - W_L$

W_{MS} = Masa de la muestra sin Humedad (g) = $W_S - W_Z$

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso

Para este ensayo se necesita llenar con el material seco un recipiente de un volumen unitario. El peso unitario del agregado va a depender del tamaño, forma, y granulometría para su mejor distribución así mismo de su grado de compactación, sea suelto o compactado.

Peso unitario suelto del agregado

Para determinar el peso unitario suelto se necesitará *equipos y herramientas* tales como:

- Balanza electrónica
- El recipiente de volumen de 0.0053 m^3 aproximadamente.
- Un cucharón de kilo
- Una brocha para limpiar el polvo restante
- Una regla de metal

Procedimiento

Antes de comenzar hacer el ensayo el material debe estar seco a temperatura ambiente.

- Primero pesamos el recipiente a llenar
- Llenamos el recipiente con el cucharón hasta rebosar, este se verterá con una altura no mayor a 2" desde el borde superior del recipiente.
- Con la regla se eliminará el material restante.

- Luego con la brocha se limpiará los materiales fuera del recipiente.
- Una vez limpio todo se lleva a la balanza y se toma su peso.
- Este procedimiento se hará 3 o 4 veces.

Peso unitario compactado del agregado

Para determinar el peso unitario suelto compactado se necesitará equipos y herramientas tales como:

- Balanza electrónica
- El recipiente de volumen de 0.0053cm^3 aproximadamente.
- Un cucharón de kilo
- Una brocha para limpiar el polvo restante
- Una regla de metal
- Un martillo de goma
- Barra compactadora de acero liso, de $5/8''$ de diámetro y 60 cm de largo con un extremo redondeado

Procedimiento

Antes de comenzar hacer el ensayo el material debe estar seco a temperatura ambiente.

- Primero pesamos el recipiente a llenar
- Llenamos $1/3$ del recipiente con el cucharón hasta rebosar, este se verterá con una altura no mayor a $2''$ desde el borde superior del recipiente.
- Luego con la barra lisa se apisonará 25 veces en forma espiral, y con el martillo de goma se dará 15 golpes.
- Este procedimiento se repetirá en los otros dos tercios del recipiente

- Una vez lleno con la regla se eliminará el material restante.
- Luego con la brocha se limpiará los materiales fuera del recipiente.
- Una vez limpio todo se lleva a la balanza y se toma su peso.
- Este procedimiento se hará 3 o 4 veces

Peso específico y de absorción de agregado fino y grueso del agregado.

La relación entre la densidad de un material y el agua se le conoce como peso específico, para valores elevados indican que los materiales tienen un buen comportamiento, mientras que para materiales de bajo peso específico indican que materiales débiles y absorbentes.

Para determinar el peso específico y contenido de absorción de los agregados se necesitará **equipos y herramientas** tales como:

- Balanza electrónica, con sensibilidad de 0.05g. y con capacidad no mayor de 2 kg.
- Pipetas
- Frascos volumétricos (fiolas) con una capacidad de 500cm³.
- Recipientes para almacenar el material
- Horno con temperaturas de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

- Se debe tomar 500 gramos de muestra del agregado.
- Se debe pesar la fiola y luego fiola con agua lleno hasta los dónde nos marca los 500cm³ y anotar los datos.
- Cogemos la fiola y comenzamos a girar en una superficie plana con la mano, para poder eliminar las burbujas.

- Se deja reposar aproximadamente una hora y luego se rellena hasta llegar nuevamente hasta la marca de los 500cm^3 .
- Luego con los datos de los pesos, se determina el peso de agua introducida en la fiola.
- Luego ese material se vierte a una tara y se deja reposar, para que se sedimente.
- Una vez sedimentado se le extrae el agua con cuidado evitando extraer finos.
- Ya totalmente retirado el agua de la superficie se ingresa al horno a una temperatura de $110^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ por 24 horas.
- Pasadas las 24 horas se retira la muestra y se anotan para a través de cálculos obtener el peso específico y el contenido de absorción.

Peso específico (g/cm³)

- El peso específico se determinará con la siguiente formula:

$$pe = \frac{A}{B - C} \left(\frac{g}{\text{cm}^3} \right)$$

- Peso específico de la masa saturada superficialmente seca

El P.e.s.s.s. se determinará con la siguiente formula:

$$p.e.s.s.s. = \frac{B}{B - C} \left(\frac{g}{\text{cm}^3} \right)$$

- Peso específico aparente
- El P.e.a. se determinará con la siguiente formula:

$$p.e.a. = \frac{A}{A - C} \left(\frac{g}{\text{cm}^3} \right)$$

- Porcentaje de Absorción

El porcentaje de absorción se determinará con la siguiente fórmula:

$$Ab. = \frac{B - A}{A} \times 100 (\%)$$

Una vez desarrollados y hallados los datos de las características de nuestros materiales a emplear procedemos al pesaje de los materiales para la elaboración del diseño de mezcla patrón y sucesivamente para los diseños de nuestra muestra experimental para un concreto 210 kg/cm^2 .

Proceso de Diseño de Mezcla

Para el diseño de mezcla se utilizará el método del comité 211 de la ACI, y el método del Módulo de fineza de combinación de agregados, que son procedimientos de diseño de mezclas bastante simples, el cual, basándose en tablas elaboradas, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

El diseño de mezcla se ha realizado de la siguiente manera:

- Cálculo de la resistencia promedio.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario del agua.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento.
- Determinación del factor cemento.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos, de cemento, agua y aire
- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.

- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño
- Corrección por humedad y absorción del agregado.
- Determinación de la proporción de diseño.

Diseño de mezcla según ACI 211

Se ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual permitió obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto, para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Se calculó la resistencia a la compresión requerida mediante la siguiente tabla.

Tabla 20

Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a la compresión ($f'c$)	Resistencia a la compresión requerida ($f'cr$)
Menor a 210 kgf/cm^2	$f'c + 70$
$210 \text{ kgf/cm}^2 - 350 \text{ kgf/cm}^2$	$f'c + 84$
Mayor a 350 kgf/cm^2	$f'c + 98$

Fuente: ACI 211, 2016

A continuación, se seleccionó el asentamiento de acuerdo a los siguientes valores que nos brinda el ACI 211 ver tabla siguiente.

Tabla 21

Asentamiento según el tipo de estructuras

Tipo de Estructura	Slump Máx.	Slump Mín.
Zapatasy muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"

Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211, 2016

Según la granulometría realizada al agregado grueso se obtuvo el Tamaño Nominal Máximo (TNM) Después se seleccionó el contenido de agua de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 22

Volumen de Agua por m³. Agua en litros/m³ para TNM de agregados y consistencia

Asentamiento (1" = 25mm)	Tamaño Máximo del Agregado Grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	168	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
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	--

Fuente: ACI 211, 2016

También se seleccionó el contenido de aire atrapado según la tabla 9.

Tabla 23

Contenido de aire atrapado

TNM Agregado Grueso	Aire Atrapado %	
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5

3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: ACI 211, 2016

A continuación, se seleccionó la relación agua/cemento por resistencia a compresión.

Tabla 24

Relación agua/cemento por resistencia para f'_c

f'_c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
420	0.41	-
450	0.38	-

Fuente: ACI 211, 2016

Posteriormente se calculó el contenido de cemento en kilogramos (kg), mediante la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Cantidad de agua (litros)}}{\text{Cantidad de cemento (kg)}} = \text{Relacion agua cemento obtenida}$$

Se obtuvo el peso del agregado grueso mediante la tabla 8 que proporciona el valor de b/b_0 donde b_0 y b son los pesos unitarios secos con y sin compactar

respectivamente del agregado grueso.

Según el módulo de finura obtenido en la granulometría del agregado fino y el Tamaño Máximo Nominal se procedió a obtener el volumen en m^3 de agregado grueso.

Tabla 25

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b_0)

TNM Agregado Grueso		Módulo de finura del Agregado Fino			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211, 2016

Se calculó el volumen absuelto mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Agregado grueso} = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado Agregado Grueso})$$

$$\text{Volumen de material (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso obtenido}}{\text{Peso específico del material}}$$

$$\text{Volumen de aire (m}^3\text{)} = \frac{\text{Porcentaje de aire}}{100}$$

Se obtuvo el volumen absoluto del agregado fino restando 1 m^3 menos la sumatoria de los volúmenes del agua, aire, cemento y agregado grueso.

Luego se obtuvo el volumen absoluto del agregado fino se multiplicó por su peso específico y de esta manera se obtuvo el peso del fino en kilogramos (kg).

Se realizó la corrección por humedad de agregado grueso y fino utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección (kg)} = \text{peso del material} \times \left(\frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$$

Finalmente se calculó el aporte de agua de los agregados mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Aporte del agregado (lt)} = \frac{(\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción}) \times \text{peso seco}}{100}$$

Después de calcular los pesos exactos como muestra el diseño, primero se procederá a realizar el concreto patrón, para lo cual se realiza un mezclado uniforme en la máquina trompito, se incorpora el agua hasta obtener una mezcla húmeda.

De igual manera se calcula los pesos exactos como muestra el diseño, ahora añadiéndole el material reciclado vidrio pulverizado en proporciones de: 5%, 10% y 15% y polvillo de aluminio un 2%, para lo cual se realiza un mezclado uniforme en la máquina trompito, se incorpora el agua hasta obtener una mezcla húmeda, tal como se puede observar en cada diseño, luego del mezclado es sometida a la prueba de Slump como se muestra en la figura siguiente.

Luego de obtener los pesos en m^3 para el diseño se procedió a multiplicar cada peso por 0.030 m^3 para obtener una tanda en base al volumen que ingresa en el trompo.

El mezclado se realizó de la siguiente manera: se agregó un poco de agua para humedecer el trompo luego se procedió a introducir el cemento en combinación con el agregado fino, luego se adicionó el agregado grueso y el agua, después de que los materiales antes descritos estén completamente mezclados se procedió a realizar la medición del Slump y el posterior llenado de las probetas y vigas de nuestro modelo patrón.

Ensayos de Concreto Fresco

Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035, 1999).

Para determinar la docilidad del concreto fresco se realizará por el método del asentamiento del cono de Abrams, que puede ser elaborado en laboratorio o en obra. Para dicho proceso los materiales y equipos requeridos son; la muestra de concreto fresco, el cono de Abrams, una varilla compactadora, una bandeja metálica, un cucharón metálico una wincha metálica.

A continuación se detalla el procedimiento, primero se humedece el interior del molde cónico, luego colocamos el molde sobre una bandeja metálica ésta debe estar en una superficie plana, se sujetó firmemente el molde por las aletas con los pies, se comienza a llenar el molde con concreto en tres capas, cada capa de un tercio del volumen del molde cónico, se compactada con la varilla con 25 golpes por capa, después de la última capa se enrasa con la varilla, para luego limpiar los bordes del cono de concreto sobrante esparcido, se separa los pies a ambos lados del cono y levantamos lentamente y de forma vertical y colocamos el cono de forma inversa (diámetro menor debajo),

seguidamente se coloca la varilla encima del cono para así medir el asentamiento del concreto en pulgadas.

Contenido de aire en mezcla de concreto fresco por el Método de Presión (NTP 339.083, 2003)

Para determinar el contenido de aire del hormigón fresco, se requiere medir el cambio de volumen del hormigón sometido a un cambio de presión.

Para dicho proceso los materiales y equipos requeridos son; las muestras de concreto fresco, medidores de aire (Olla de Washington); el equipo consiste en un recipiente acerado con tapa cuya capacidad mínima es de 6 litros. La tapa está provista de un ajuste de goma para tener un cierre hermético con el recipiente y lleva además los aditamentos siguientes: Llaves para agua, de entrada y purga, llaves para apretar herméticamente la tapa al recipiente, una cámara de presión con dial, bomba manual (o bombín externo), válvula para traspasar el aire al recipiente y válvula de purga para ajustar la presión inicial en el dial y demás accesorios: probeta de calibración y tubos de bronce atornillables a una de las llaves de agua, una varilla metálica, un mazo de goma y una regla metálica o Jeringa de goma.

A continuación se detalla el procedimiento, inicialmente se colocó el concreto fresco en tres capas diferentes, cada una de las capas es compactada con la varilla por 25 golpes, luego de compactar, golpear los costados del recipiente de 10 a 15 golpes con el mazo de goma, se enrasa con la regla metálica, luego se limpia los bordes con un trapo, se coloca la tapa y se ajusta herméticamente con las llaves de apreté, cerramos las válvulas para aire y se abren las llaves para agua, con una jeringa de goma introducimos agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave,

golpeamos lateralmente con un mazo para expulsar las burbujas de aire atrapados en el agua que ha sido introducida, bombeamos aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial, cerramos las dos llaves de agua y abrimos la válvula de entrada de aire y leemos con aproximación de 0.1% el contenido de aire registrado en el dial.

Elaboración de especímenes de concreto y curado

La elaboración y curado de los especímenes cilíndricos, se realizaron siguiendo las consideraciones de la NTP 339.033.

Para las probetas cilíndricas se llenó el concreto a cada tercio de altura, se varillo 25 veces en espiral, número de varilladas correspondientes al diámetro del molde, adicionalmente a esta indicación se golpeó el perímetro del molde con un martillo de goma, después de varillar la tercera capa se agrega más concreto para realizar el enrasado final.

Paso siguiente se procedió a retirar los moldes a las 30 horas después de moldeados para luego introducirlos en la posa de curado, donde se tenía agua potable incorporada con cal.

Anexo 3. Resultados de laboratorio

En primer lugar, se hará el análisis de las propiedades físicas de los agregados para elaborar el diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

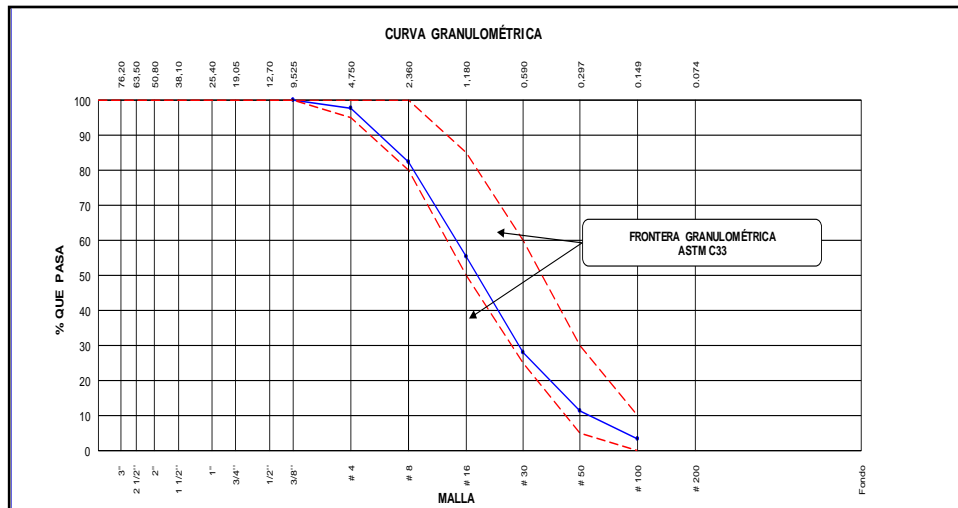
De acuerdo a los resultados, el tamaño máximo del agregado fino de huso 89 es 3/8” y su tamaño máximo nominal es representado por el tamiz N° 4. En la figura siguiente se muestra la curva granulométrica del agregado fino de huso 89 y las curvas del límite superior e inferior definidas con el tamaño máximo nominal en la tabla de husos de la NTP 400.037.

Análisis Granulométrico del agregado fino

Figura 13. Resultados del ensayo y curva granulométrica del agregado fino

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
MALLA ASTM	MALLA (mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO %	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ASTM LÍMITE INF.	ASTM LÍMITE SUP.
1/4"	6.35	0	0.0	0	100	100	100
#4	4.75	41.1	5.4	5.4	94.6	95	100
#8	2.36	137.0	17.9	23.3	76.7	80	100
#16	1.18	114.8	15.0	38.3	61.7	50	85
#30	0.60	102.8	13.4	51.7	48.3	25	60
#50	0.30	149.1	19.5	71.2	28.8	10	30
#100	0.15	117.4	15.3	86.6	13.4	2	10
FONDO		102.9	13.4	100.0	0.0	2	10
		765.1	100.0			MF	2.76
						TMN	#4

Figura 14. Curva granulométrica del agregado fino huso 89



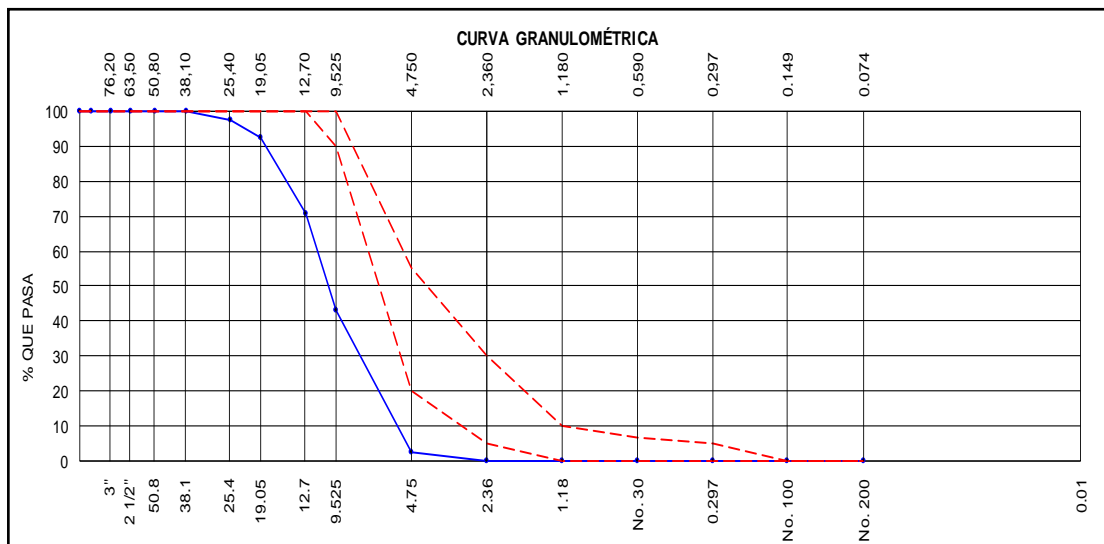
Análisis Granulométrico del agregado Grueso

De acuerdo a la figura 13, el tamaño máximo nominal del agregado grueso de huso 89 es 1/2" y su tamaño máximo es 3/4". El tamaño máximo nominal se utilizó para identificar el límite superior e inferior definidas en la tabla de usos de la NTP 400.037. Además, el agregado cumple con el máximo de 0.25% de partículas de arcilla. En la figura 14 se muestra la curva granulométrica del agregado fino de huso 89 y las curvas del límite superior e inferior definidas con el tamaño máximo nominal en la tabla de husos de la NTP 400.037.

Figura 15. Resultados del ensayo y curva granulométrica del agregado grueso

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18							
MALLA ASTM	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO RETENIDO %	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ASTM LÍMITE INF.	ASTM LÍMITE SUP.
1	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4	19.05	2529.9	49.4	49.4	50.6	100	100
1/2	12.70	1757.0	34.3	83.6	16.4	100	100
3/8	9.53	318.1	6.2	89.9	10.1	90	100
1/4	6.35	360.5	7.0	96.9	3.1	65	55
#4	4.75	96.3	1.9	98.8	1.2	20	55
FONDO		63.2	1.2	100.0	0.0		
		5125.0	100.0			MF	7.38
						TMN	3/4"

Figura 16. Curva granulométrica del agregado grueso huso 89



A continuación, se realizaron los ensayos de contenido de humedad de los agregados grueso y fino los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Figura 17. Resultados del ensayo de contenido de humedad del Agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	259.6	Promart
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	2798.3	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	2791.4	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.27 %	

Figura 18. Resultados del ensayo de contenido de humedad del Agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	150.5	Promart
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	732.1	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	724.7	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.29 %	

Luego, se realizaron los ensayos de determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado fino los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Figura 19. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario suelto.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.65	1.65	1.65	
Volumen de molde (m3)	0.002776	0.002776	0.002776	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	6.46	6.46	6.49	
Peso de muestra suelta (kg)	4.81	4.81	4.84	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1710.66	1710.66	1721.33	

Figura 20. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario compactado.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO				
IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.65	1.65	1.65	
Volumen de molde (m3)	0.002776	0.002776	0.002776	
Peso de molde + muestra compactada (kg)	6.97	6.95	6.98	
Peso de muestra compactada (kg)	5.32	5.3	5.33	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1892.04	1884.93	1895.60	

También se realizó los ensayos de determinación del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Figura 21. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario suelto.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO				
IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	4.84	4.84	4.84	
Volumen de molde (m3)	0.009358	0.009358	0.009358	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	18.54	18.54	18.54	
Peso de muestra suelta (kg)	13.7	13.7	13.7	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1460.01	1460.01	1460.01	

Figura 22. Resultados del ensayo de determinación del peso unitario compactado.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO				
IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	4.84	4.84	4.84	
Volumen de molde (m3)	0.009358	0.009358	0.009358	
Peso de molde + muestra compactada (kg)	19.65	19.65	14.75	
Peso de muestra compactada (kg)	14.81	14.81	14.75	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1578.30	1578.30	1571.91	

Por último, se realizó el ensayo de determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino y gruesos los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Figura 23. Resultados del ensayo de determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino.

AGREGADO FINO		
	IDENTIFICACIÓN	1
A	Masa Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.0
B	Masa Frasco + agua	691
C	Masa Frasco + agua + muestra SSS	1000.1
D	Masa del Mat. Seco	487
Gravedad específica OD = $D/(B+A-C)$		2.55
Gravedad específica SSS = $A/(B+A-C)$		2.66
C)	Densidad relativa (Gravedad específica aparente) = $D/(B+D-C)$	2.83
% Absorción = $100*((A-D)/D)$		2.67

Figura 24. Resultados del ensayo de determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO		
DATOS		A
1	Masa de la muestra sss	3324
2	Masa de la muestra sss sumergida	2101
3	Masa de la muestra secada al horno	3299.4
RESULTADOS		1
Gravedad específica OD		2.70
Gravedad específica SSS		2.72
Densidad relativa (Gravedad específica aparente)		2.76
Absorción (%)		0.75

Luego de obtener los resultados de caracterización de los agregados, se pasó a determinar el diseño de mezcla del concreto patrón, para a partir de ello obtener otros diseños reemplazando porcentajes de cemento por ceniza de carbón de madera.

Primero se obtendrá el diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Patrón, se detalla:

1. Resistencia a la compresión requerida

$$F'_{cr} = 295$$

2. Relación de agua cemento

$$R \text{ a/c} = 0.56$$

3. Determinación del volumen de agua

$$\text{Agua} = 205 \text{ lts.}$$

4. Cantidad de aire atrapado

$$\text{Aire} = 2\%$$

5. Cálculo de la cantidad de cemento

$$\text{Cemento} = 366.07 \text{ kg}$$

6. Factor cemento

$$\text{Bolsas} \times \text{m}^3 = 8.6 \text{ bls.}$$

7. Cálculo del volumen de agregados.

$$\text{volumen de pasta} = 0.3634 \text{ m}^3$$

$$\text{volumen de agregados} = 0.6366 \text{ m}^3$$

8. Proporción de agregados secos

$$\text{Agregado grueso} = 0.365 \text{ m}^3 = 983.53 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 0.293 \text{ m}^3 = 747.46 \text{ kg}$$

9. Peso húmedo de los agregados – corrección por humedad

$$\text{Agregado grueso} = 986.21 \text{ kg}$$

Agregado fino 757.10 kg

10. Agua efectiva corregida por absorción y humedad

Agua = 219.97 lts.

Volumen de tanda de prueba 0.03 m³

Cemento SOL Tipo 1	8.48 kg
Agua	5.17 L
Agregado grueso	22.81 kg
Agregado fino	17.55 kg
Slump Obtenido	4 "

Proporción en volumen en obra

CEM	A.F.	A.G.	AGUA
1	: 1.81	: 2.76	: 25.50 L / bolsa

Contenido de aire : 4.22%

A continuación, se realizaron ajustes y mezclas de prueba para obtener óptimas cantidades para el diseño de mezcla del concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Las cantidades obtenidas para la elaboración de 3 probetas cilíndricas son:

Tabla 26

Diseño de mezcla concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Descripción	Cantidades
Cemento SOL Tipo 1	8.91 kg
Agua	5.23 litros
Agregado fino	20.39 kg
Agregado grueso	22.09 kg

En base a las cantidades indicadas en la tabla anterior, realizamos los reemplazos porcentuales de cemento por ceniza de carbón de madera, es así que reemplazando 10%, 12.5% y 15% obtenemos:

Tabla 27

Diseño de mezcla concreto 10% ceniza – 90% cemento

Descripción	Cantidades
Cemento SOL Tipo 1	8.02 kg
Agua	5.23 litros
Agregado fino	20.39 kg
Agregado grueso	22.09 kg
Ceniza	0.89

Tabla 28

Diseño de mezcla concreto 12.5% ceniza – 87.5% cemento

Descripción	Cantidades
Cemento SOL Tipo 1	7.80 kg
Agua	5.23 litros
Agregado fino	20.39 kg
Agregado grueso	22.09 kg
Ceniza	1.11 kg

Tabla 29*Diseño de mezcla concreto 15% ceniza – 85% cemento*

Descripción	Cantidades
Cemento SOL Tipo 1	7.57 kg
Agua	5.23 litros
Agregado fino	20.39 kg
Agregado grueso	22.09 kg
Ceniza	1.34 kg

Anexo 4. Certificados.

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-AG-01
PESO UNITARIO PARA AGREGADOS		Versión	2
		Fecha	12/05/2022
		Página	1 de 1

Nombre del Proyecto	: INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA	Muestreado por :	
Código de Muestra	:	Ensayado por :	
Procedencia	:	Fecha de ensayo :	16/05/2022
Expediente Nº	:	Turno :	

PESO UNITARIO PARA AGREGADOS ASTM C29
--

AGREGADO FINO
PESO UNITARIO COMPACTADO

		M1	M2	M3
Masa recipiente	kg	1.65	1.65	1.65
Masa recipiente + muestra	kg	6.97	6.95	6.98

PESO UNITARIO SUELTO

		M1	M2	M3
Masa recipiente	kg	1.65	1.65	1.65
Masa recipiente + muestra	kg	6.46	6.46	6.49

AGREGADO GRUESO
PESO UNITARIO COMPACTADO

		M1	M2	M3
Masa recipiente	kg	4.84	4.84	4.84
Masa recipiente + muestra	kg	19.65	19.65	14.75

PESO UNITARIO SUELTO

		M1	M2	M3
Masa recipiente	kg	4.84	4.84	4.84
Masa recipiente + muestra	kg	18.54	18.54	18.54



 Ing. Roger Ríos Cruzón Jentia
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 298301

Figura 25. Ficha de laboratorio de Peso unitario para agregados.

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-AG-02
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN		Versión	2
		Fecha	12/05/2022
		Página	1 de 1

Nombre del Proyecto	: INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA	Muestreado por :	
Código de Muestra	:	Ensayado por :	
Procedencia	:	Fecha de ensayo :	18/05/2022
Expediente N°	:	Turno :	

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS GRUESOS
ASTM C127**

			M1	M2	M3
A	Peso de la Muestra Sumergida	gr	2101		
B	Peso de la muestra Saturada Superficialmente Seca (SSS)	gr	3324		
C	Peso de la Muestra Seca	gr	3299.4		

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA AGREGADOS FINOS
ASTM C128**

PESO ESPECÍFICO

			M1	M2	M3
A	N° de picnómetro	gr			
B	Peso de picnómetro	gr			
C	Peso de picnómetro + agua	gr	691		
D	Peso de picnómetro + muestra SSS + agua	gr	1000.1		
E	Peso muestra saturado superficialmente seca (SSS)	gr	500		
F	Peso tara	gr	83.1		
G	Peso tara + peso muestra seca al horno	gr	570.1		

ABSORCIÓN

H	Peso muestra saturado superficialmente seca (SSS)	gr	500		
I	Peso tara	gr	83.1		
J	Peso tara + peso muestra seca al horno	gr	570.1		



Ing. Rojas Rojas, Cristian Jesús
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 298301

Figura 26. Ficha de laboratorio de Peso específico y absorción para agregados.

FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-AG-03
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADOS		Versión	2
		Fecha	12/05/2022
		Página	1 de 1

Nombre del Proyecto : INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA	Muestreado por :
Código de Muestra :	Ensayado por :
Procedencia :	Fecha de ensayo : 19/05/2022
Expediente N° :	Turno :

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADOS ASTM C136

1) AGREGADO GRUESO

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
2"	50.00	0.0
1 1/2"	37.50	0.0
1"	24.50	0.0
3/4"	19.05	2529.9
1/2"	12.50	1757.0
3/8"	9.53	318.1
N° 04	4.76	456.8
N° 08	2.38	
N° 16	1.18	
FONDO		63.2

NÚMERO DE TARA 0.6 kg
 PESO DE TARA _____
 PESO HÚMEDO + TARA _____
 PESO SECO + TARA 5.725 kg

Tabla 01. Masas mínimas recomendadas para muestreo (ASTM - C136)

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 1/2)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 1/2)	35
75.0	(3)	40
90.0	(3 1/2)	100
100.0	(4)	150
125.0	(5)	300

2) AGREGADO FINO

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
1/2"	12.50	0.0
3/8"	9.50	0.0
N° 04	4.76	41.1
N° 08	2.38	137.0
N° 16	1.19	114.8
N° 30	0.60	102.8
N° 50	0.30	149.1
N° 100	0.15	117.4
FONDO		102.9

NÚMERO DE TARA _____
 PESO DE TARA 400 g
 PESO HÚMEDO + TARA _____
 PESO SECO + TARA 1165.1 g

Nota. Masas mínimas recomendadas para muestreo (ASTM - C136)

La masa mínima recomendada para muestreo para granulometría de agregado fino es de 300 gramos.



Ing. Rojas Rosas Cruzas Jesús
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 298301

Figura 27. Ficha de laboratorio de Granulometría para agregados.


FORMATO DE LABORATORIO		Código	FOR-AG-04
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICOS DE CONCRETO		Versión	2
		Fecha	12/05/2022
		Página	1 de 1
Nombre del Proyecto	: INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA		
Código de Muestra	:		
Procedencia	:		
Fecha de ensayo	:		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO			
NTP 339.034 - ASTM C39			

RESULTADOS DE ENSAYOS

Identificación de espécimen	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (cm)	Carga máxima (kg)	Tipo de rotura
P-01	25/06/2022	2/07/2022	7	15.20	29260	1
P-02	25/06/2022	2/07/2022	7	15.20	28877	2
P-03	25/06/2022	2/07/2022	7	15.30	30400	2
10C290CE-01	8/07/2022	15/07/2022	7	15.25	30090	2
10C290CE-02	8/07/2022	15/07/2022	7	15.30	29830	2
10C290CE-03	8/07/2022	15/07/2022	7	15.25	29718	1
12.5C287.5CE-01	12/07/2022	19/07/2022	7	15.40	29042	5
12.5C287.5CE-02	12/07/2022	19/07/2022	7	15.50	29108	2
12.5C287.5CE-03	12/07/2022	19/07/2022	7	15.40	28458	1
15C285CE-01	14/07/2022	21/07/2022	7	15.30	27091	2
15C285CE-02	14/07/2022	21/07/2022	7	15.25	27369	2
15C285CE-03	14/07/2022	21/07/2022	7	15.40	27552	5
P-01	2/07/2022	16/07/2022	14	15.30	35874	2
P-02	2/07/2022	16/07/2022	14	15.25	36447	2
P-03	2/07/2022	16/07/2022	14	15.40	36646	1
10C290CE-01	28/06/2022	12/07/2022	14	15.25	36801	1
10C290CE-02	28/06/2022	12/07/2022	14	15.40	37171	2
10C290CE-03	28/06/2022	12/07/2022	14	15.50	38646	2
12.5C287.5CE-01	11/07/2022	25/07/2022	14	15.40	36158	6
12.5C287.5CE-02	11/07/2022	25/07/2022	14	15.30	34991	5
12.5C287.5CE-03	11/07/2022	25/07/2022	14	15.20	34880	2
15C285CE-01	25/06/2022	9/07/2022	14	15.20	33971	2
15C285CE-02	25/06/2022	9/07/2022	14	15.30	33998	1
15C285CE-03	25/06/2022	9/07/2022	14	15.25	33292	2
P-01	25/06/2022	23/07/2022	28	15.25	46809	2
P-02	25/06/2022	23/07/2022	28	15.40	47108	1
P-03	25/06/2022	23/07/2022	28	15.25	47096	1
10C290CE-01	14/07/2022	11/08/2022	28	15.40	48641	1
10C290CE-02	14/07/2022	11/08/2022	28	15.50	48592	2
10C290CE-03	14/07/2022	11/08/2022	28	15.25	47329	6
12.5C287.5CE-01	14/07/2022	11/08/2022	28	15.30	45671	2
12.5C287.5CE-02	14/07/2022	11/08/2022	28	15.20	44878	2
12.5C287.5CE-03	14/07/2022	11/08/2022	28	15.25	45780	2
15C285CE-01	14/07/2022	11/08/2022	28	15.40	43860	2
15C285CE-02	14/07/2022	11/08/2022	28	15.20	43147	1
15C285CE-03	14/07/2022	11/08/2022	28	15.30	43044	2



Figura 28. Ficha de laboratorio de Resistencia a la compresión.



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

Tel: (01) 480-8019
Cel: 980703014 / 933846839
Calle 21, Los Rosales de Pro miz B, Il 57, Los Olivos
Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AC.F.G.126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS	Versión	02
		Fecha	22-08-2022
		Página	1 de 1

TEMA: INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA

SOLICITANTE: DENIO CUBIAYO CUELO BALDEÓN

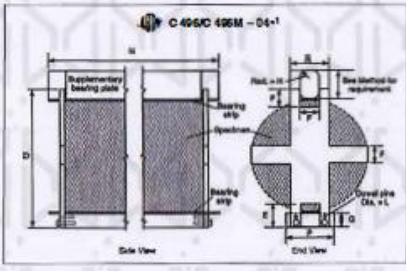
UBICACIÓN: Lima

FECHA DE EMISIÓN: 22/08/2022

Tipo de muestra	: Concreto en estado
Presentación	: Especímenes cilíndricos
Peso de diseño	: 210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (cm)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
PATRÓN	15/08/2022	22/08/2022	7 días	15.4	11095.8	15.8 kg/cm ²
PATRÓN	15/08/2022	22/08/2022	7 días	15.3	12307.3	16.8 kg/cm ²
10% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	22/08/2022	7 días	15.2	12317.3	17.0 kg/cm ²
10% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	22/08/2022	7 días	15.4	12719.9	17.2 kg/cm ²
12.5% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	23/08/2022	7 días	15.2	10384.4	14.2 kg/cm ²
12.5% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	22/08/2022	7 días	15.2	11206.9	15.4 kg/cm ²
15% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	23/08/2022	7 días	15.4	9626.7	12.9 kg/cm ²
15% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	22/08/2022	7 días	15.4	9882.0	13.4 kg/cm ²



C 406/C 406M - 04¹

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de JJ GEOTECNIA.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.





Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	---

Figura 29. Constancia de ensayo de Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 7 días.



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

Tel: (01) 480-8019
Cel: 980703014 / 933846839
Calle 21, Los Rosales de Pro miz B, It 57, Los Olivos
Email: informes@jjgeotecniasac.com

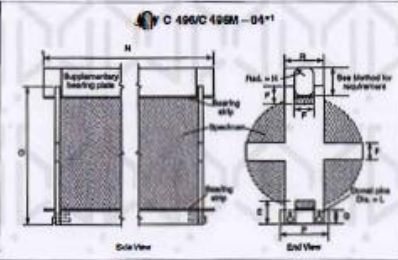
www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	FORMATO		Código	AE-PD-126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS		Versión	02
			Fecha	22-08-2022
			Página	1 de 1

TEMA SOLICITANTE UBICACIÓN FECHA DE EMISIÓN	INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA DSEVO GUSTAVO CUETO BALDEÓN Lima 29/08/2022
Tipo de muestra Procesación $f'c$ de diseño	Concreto endurecido Especímenes cilíndricos 210 kg/cm^2

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)
PATRÓN	15/08/2022	29/08/2022	14 días	15.3	14892.9	20.1 kg/cm^2
PATRÓN	15/08/2022	29/08/2022	14 días	15.2	14244.0	19.9 kg/cm^2
10% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	29/08/2022	14 días	15.5	15231.4	20.5 kg/cm^2
10% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	29/08/2022	14 días	15.4	15973.2	21.7 kg/cm^2
12.5% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	29/08/2022	14 días	15.3	12337.8	18.8 kg/cm^2
12.5% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	29/08/2022	14 días	15.3	12437.1	17.2 kg/cm^2
15% CENIZA DE MADERA	19/08/2022	29/08/2022	14 días	15.2	10655.1	14.9 kg/cm^2
15% CENIZA DE MADERA	19/08/2022	29/08/2022	14 días	15.4	11670.5	15.9 kg/cm^2



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de JJ GEOTECNIA.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.


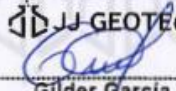


Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 V.B. JEFE DE LABORATORIO	 JJ GEOTECNIA SAC Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

Figura 30. Constancia de ensayo de Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 14 días.



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

Tel: (01) 480-8019
Cel: 980703014 / 933846839
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
Email: informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-126	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS	Versión	02	
		Fecha	22/08/2022	
		Página	1 de 1	

TESES: INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR PORCENTAJES DE CEMENTO POR CENIZA DE MADERA

SOLICITANTE: DIEGO GUSTAVO CUETO BALDEÓN

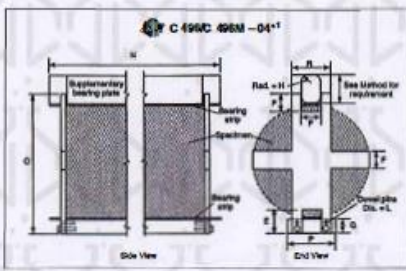
UBICACIÓN: Lima

FECHA DE EMISIÓN: 12/09/2022

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especímenes cilíndricos
Fto de diseño	210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kgf/cm ²)
PATRÓN	19/08/2022	12/09/2022	28 días	15.3	18740.4	25.7 kgf/cm ²
PATRÓN	19/08/2022	12/09/2022	28 días	15.3	19252.7	26.2 kgf/cm ²
10% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	12/09/2022	28 días	15.5	19664.4	26.5 kgf/cm ²
10% CENIZA DE MADERA	19/08/2022	12/09/2022	28 días	15.4	19964.7	27.1 kgf/cm ²
12.5% CENIZA DE MADERA	19/08/2022	12/09/2022	28 días	15.2	17674.4	24.3 kgf/cm ²
12.5% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	12/09/2022	28 días	15.2	16799.8	23.1 kgf/cm ²
15% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	12/09/2022	28 días	15.2	14005.2	19.2 kgf/cm ²
15% CENIZA DE MADERA	15/08/2022	12/09/2022	28 días	15.2	13021.5	17.9 kgf/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de JJ GEOTECNIA.
- * Prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.




Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

Figura 31. Constancia de ensayo de Resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días.



CERTIFICADO DE ENSAYO DE COMPOSICION QUIMICO
INFORME TECNICO N°058 – 01 – GCL

1. DATOS DEL CLIENTE

- a. **Solicitante** : DEIVID GUSTAVO CUETO BALDEON
- b. **Tesis** : "INFLUENCIA DE LA ADICION DE CENIZA DE CARBON DE MADERA RECICLADA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$, LIMA 2023."

2. FECHAS DE ENSAYO

- a. **Inicio** : 24/04/2023
- b. **Finalización** : 28/04/2023
- c. **Emisión de Informe** : 29/04/2023

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

- a. **Temperatura** : 21.1 °C
- b. **Humedad Relativa** : 32.3%

4. ENSAYO SOLICITADO Y MÉTODO UTILIZADO

- a. **Ensayo solicitado / Método solicitado** : COMPOSICIÓN QUÍMICA DE OXIDOS / FLUORESCENCIA DE RAYOS X
- b. **Temp. de calcinación** : 520° Centígrados

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

TABLA 1: DATOS DE LA MUESTRA A ENSAYAR

CÓDIGO	NOMBRE DE PRODUCTO
GCL 2023 – TS 058	CENIZA DE CARBON DE MADERA

* Los resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio por parte del solicitante.

Figura 32. Certificado de ensayo de composición química por técnica de Fluorescencia de Rayos X.



6. RESULTADOS

a. Resultados obtenidos:

TABLA 2: RESULTADOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

CÓDIGO	ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO
GCL - 053	Determinación de óxido de calcio (CaO)	%	37.25
	Determinación de dióxido de silicio (SiO ₂)	%	19.63
	Determinación de trióxido de azufre (SO ₃)	%	11.32
	Determinación de óxido de magnesio (MgO)	%	2.21
	Determinación de óxido de manganeso (MnO)	%	0.85
	Determinación de trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	%	6.25
	Determinación de pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅)	%	7.32
	Determinación de trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	%	4.25
	Determinación de óxido de bario (BaO)	%	2.66
	Determinación de óxido de zinc (ZnO)	%	1.12
	Determinación de óxido de cobre (CuO)	%	0.13
	Determinación de trióxido de cromo (CrO ₃)	%	0.51
	Otros	%	6.50

* Los resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio por parte del solicitante.

GEOINGENIERIA E.I.R.L.

FIRMA / SELLO LABORATORIO

C.G. GEOINGENIERIA E.I.R.L.

Miguel Angel Saavedra Apaza
Técnico de Laboratorio

* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento

FIRMA / SELLO INGENIERO RESPONSABLE

Abel Pujada Esquivel
INGENIERO CIVIL
Registro CIP N° 68657

* Documento válido sólo con actas y libros autorizados

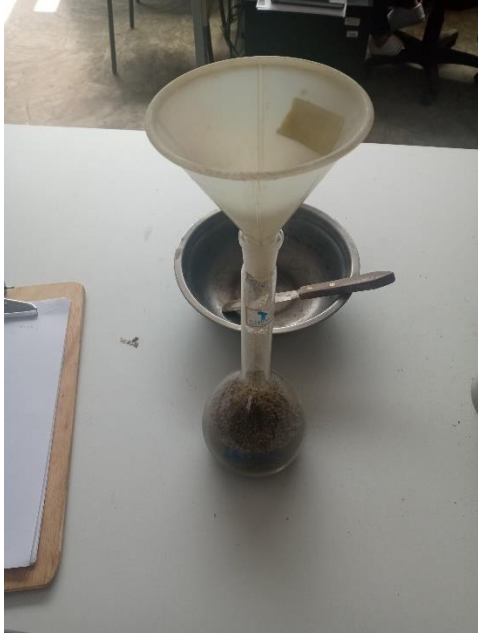

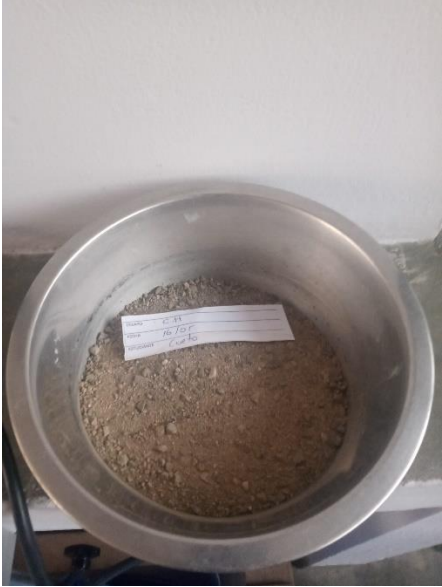

Figura 33. Certificado de ensayo de composición química por técnica de Fluorescencia de Rayos X.


Anexo 5. Panel fotográfico

Caracterización de agregados

<p>Preparación para Ensayo de Peso unitario de AG</p>	<p>Tomando peso, Ensayo de Peso unitario de AG</p>
	
<p>Muestra para Peso específico de AG</p>	<p>Muestra para Peso específico de AF</p>
	

<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AG</p>	<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AG</p>
	
<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AF</p>	<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AF</p>
	

<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AF</p>	<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AF</p>
	
<p>Procedimiento de Ensayo Contenido de humedad para AF</p>	<p>Procedimiento de Ensayo Contenido de humedad para AG</p>
	

<p>Retenidos del ensayo de Granulometría</p>	<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AF</p>
	
<p>Procedimiento de Ensayo de Peso unitario compactado del AF</p>	<p>Procedimiento de Ensayo de Peso unitario compactado del AF</p>
	

<p>Retenidos del ensayo de Granulometría</p>	<p>Procedimiento de Ensayo Peso específico y Absorción para AF</p>
	
<p>Procedimiento de Ensayo de Peso unitario compactado del AF</p>	<p>Procedimiento de Ensayo de Peso unitario compactado del AF</p>
	

<p>Insumos para elaboración del concreto</p>	<p>Ceniza de carbón de madera</p>
	
<p>Mezcladora en funcionamiento</p>	<p>Apisonado de 3era y última capa de concreto en la elaboración de probeta</p>
	

Midiendo el asentamiento del concreto



Midiendo el asentamiento del concreto







Olla Washington para medir el Contenido de aire del concreto



Medidor de presión de la Olla Washington marcando el Contenido de aire



Probetas listas para desencofrar	Probetas cilíndricas desencofradas
	
Inicio de curado húmedo de probetas	Curado húmedo de especímenes
	

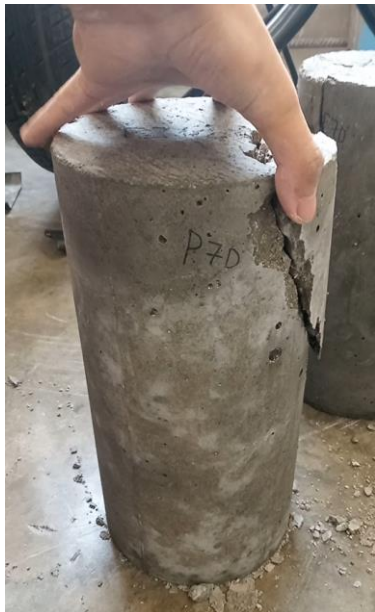
Prensa hidráulica durante ensayo de Resistencia a la compresión en el Laboratorio de concreto - UPN



Probeta después del ensayo de resistencia a la compresión



Probeta ensayada a compresión – 7 días






Grupo de probetas ensayadas



Ensayando probetas a compresión – 14 días	Probeta con falla tipo 5
	
Probeta con falla tipo 2	Probeta con falla tipo 2
	

Ensayando probetas a compresión – 28 días	Probeta con falla tipo 2
	
Probeta con falla tipo 2	Probeta con falla tipo 1
	

<p>Ensayando probetas a tracción por compresión diametral – 7 días Patrón</p>	<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 7 días 10% ceniza</p>
	
<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 7 días 12.5% ceniza</p>	<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 7 días 15% ceniza</p>
	

<p>Ensayando probetas a tracción por compresión diametral – 14 días Patrón</p>	<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 14 días 10% ceniza</p>
	
<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 14 días 12.5% ceniza</p>	<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 14 días 15% ceniza</p>
	

<p>Ensayando probetas a tracción por compresión diametral – 28 días Patrón</p>	<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 28 días 10% ceniza</p>
	
<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 28 días 12.5% ceniza</p>	<p>Ensayando a tracción por compresión diametral – 28 días 15% ceniza</p>
	