



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de la ceniza de briqueta de carbón mineral en la  
resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la  
ciudad de Trujillo, 2023.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Plasencia Verastegui, Luis Jhair (orcid.org/0000-0003-1909-9533)

**ASESOR:**

Dr. Castillo Chávez, Juan Humberto (orcid.org/0000-0002-4701-3074)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

**2023**

## **Dedicatoria**

A Dios por haberme permitido la formación académica y por la meta de seguir cumpliendo mis sueños.

A mis padres, por brindarme su apoyo incondicional en cada tropiezo y logro, acompañándome en cada alegría, por la confianza depositada y por todos los sacrificios y consejos brindados.

A mi hija Ainoa Sofía, que fue el motor para poder nunca rendirme y dar lo mejor de mí para poder salir adelante.

## **Agradecimiento**

A la Universidad Cesar Vallejo y todos los docentes, por los conocimientos que me brindaron para poder aplicarlos a lo largo de mi carrera profesional.

A mis padres Alberto y Nancy, que nunca se rindieron y me apoyaron hasta el último para poder culminar mi carrera profesional.

A mi pareja Elvira, que gracias a ella me dio un motivo para poder luchar y seguir adelante.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	14
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos.....	17
3.6. Método de análisis de datos .....	35
3.7. Aspectos éticos .....	35
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>60</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## Índice de tablas

Tabla 1.	<i>Cantidad de Probetas de hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup> para ensayos de resistencia a la carga máxima.</i>	16
Tabla 2.	<i>Cantidad mínima de A.G. para ensayos de análisis granulométrico.</i>	20
Tabla 3.	<i>Cantidad mínima de agregados para ensayo de contenido de humedad.</i>	21
Tabla 4.	<i>Volumen mínimo del contenedor.</i>	23
Tabla 5.	<i>Cant. mín. de muestra para ensayos de Pe. y ABS. del agregado.</i>	24
Tabla 6.	<i>Resistencia a la carga máxima % requerida</i>	28
Tabla 7.	<i>Asentamientos recomendados de acuerdo la estructura a construir.</i>	28
Tabla 8.	<i>Cálculo del vol. unitario de H<sub>2</sub>O.</i>	29
Tabla 9.	<i>Cálculo del contenido de aire atrapado.</i>	29
Tabla 10.	<i>Relación a/c.</i>	30
Tabla 11.	<i>Determinación del volumen del A.G.</i>	31
Tabla 12.	<i>Número de capas, diámetro de varillas y numero de golpes por capa en la elaboración de probetas de hormigón.</i>	34
Tabla 13.	<i>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL A.F.</i>	37
Tabla 14.	<i>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO</i>	39
Tabla 15.	<i>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL A.F.</i>	40
Tabla 16.	<i>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL A.G.</i>	41
Tabla 17.	<i>P. UNITARIO SUELTO DEL A.F.</i>	41
Tabla 18.	<i>P. UNITARIO SUELTO DEL A.G.</i>	41
Tabla 19.	<i>P. UNITARIO COMPACTADO DEL A.F.</i>	42
Tabla 20.	<i>P. UNITARIO COMPACTADO DEL A.G.</i>	42
Tabla 21.	<i>Peso Específico. Y % Absorción. DEL A.F.</i>	42
Tabla 22.	<i>PESO ESPECÍFICO Y % ABSORCIÓN DEL A.G.</i>	43
Tabla 23.	<i>Diseño de mezcla para hormigón con 0% de ceniza de briqueta añadida.</i>	44
Tabla 24.	<i>Diseño de mezcla para hormigón con 3% de ceniza de briqueta añadida .</i>	45
Tabla 25.	<i>Diseño de mezcla para hormigón con 6% de ceniza de briqueta añadida .</i>	46
Tabla 26.	<i>Diseño de mezcla para hormigón con 10% de ceniza de briqueta añadida</i>	47
Tabla 27.	<i>Resistencia a la carga máxima de testigos de hormigón a 7 días de curado.</i>	48

Tabla 28.	<i>Resistencia a la carga máxima de testigos de hormigón a 14 días de curado.</i>	49
Tabla 29.	<i>Resistencia a la carga máxima de especímenes hormigón a 28 días de curado.</i>	50
Tabla 30.	<i>Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 7 día.</i>	52
Tabla 31.	<i>Prueba de normalidad estadístico Shapiro – Wilk para los especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 7 días.</i>	53
Tabla 32.	<i>Prueba Estadística ANOVA para especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 7 días.</i>	54
Tabla 33.	<i>Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 14 días.</i>	55
Tabla 34.	<i>Prueba de normalidad estadístico Shapiro – Wilk para especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 14 días.</i>	56
Tabla 35.	<i>Prueba Estadística ANOVA para especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 14 días.</i>	56
Tabla 36.	<i>Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 28 días.</i>	57
Tabla 37.	<i>Prueba de normalidad estadístico Shapiro – Wilk para los especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 28 días.</i>	58
Tabla 38.	<i>Prueba Estadística ANOVA para especímenes de hormigón con 28 días de curado.</i>	59

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1</b>	Procedimientos para el desarrollo de la investigación .....	18
<b>Figura 2</b>	Resistencia a la compresión de probetas concreto.....	20
<b>Figura 3</b>	Ficha técnica cemento Portland Compuesto Topográfico.....	22
<b>Figura 4</b>	Ensayos de Caracterización de Agregado Fino.....	22
<b>Figura 5</b>	Ensayo Granulométrico por tamizado en seco del Agregado Fino .....	32
<b>Figura 6</b>	Curva Granulométrica del Agregado Fino .....	38
<b>Figura 7</b>	Ensayo de caracterización de Agregado Grueso.....	40
<b>Figura 8</b>	Ensayo Granulométrico por Tamizado en Seco del Agregado Grueso .....	50
<b>Figura 9</b>	Curva Granulométrica del Agregado Grueso .....	66
<b>Figura 10</b>	Propiedades Físicas de los Materiales .....	67
<b>Figura 11</b>	Diseños de Mezcla para porcentajes de 0% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento .....	68
<b>Figura 12</b>	Diseños de Mezcla para porcentajes de 3% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento .....	69
<b>Figura 13</b>	Diseños de Mezcla para porcentajes de 6% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento .....	70
<b>Figura 14</b>	Diseños de Mezcla para porcentajes de 10% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento .....	71
<b>Figura 15</b>	Ensayo de resistencia a la compresión en probetas de concreto .....	72
<b>Figura 16</b>	Ensayo de resistencia a la compresión en probetas de concreto .....	72
<b>Figura 17</b>	Muestra de arena condición natural para ensayo de Contenido de Humedad .....	74
<b>Figura 18</b>	Muestra de arena en condición seca para ensayo de Granulometría .....	74
<b>Figura 19</b>	Muestra de grava condición natural para ensayo de Contenido de Humedad .....	74
<b>Figura 20</b>	Muestra de grava condición seca para ensayo de Granulometría .....	74
<b>Figura 21</b>	Ensayo de Granulometría Agregado Grueso.....	75
<b>Figura 22</b>	Ensayo de Granulometría Agregado Fino .....	75

<b>Figura 23</b> Ensayo de Peso Unitario, peso suelto del agregado grueso.....	75
<b>Figura 24</b> Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado grueso .....	75
<b>Figura 25</b> Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado grueso .....	76
<b>Figura 26</b> Ensayo de Peso Unitario, peso suelto del agregado fino.....	76
<b>Figura 27</b> Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado fino .....	76
<b>Figura 28</b> Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado fino .....	76
<b>Figura 29</b> Ensayo de Peso específico, corroboración de la condición Saturada superficialmente seca (SSS) del agregado fino.....	77
<b>Figura 30</b> Ensayo de Peso específico, corroboración de la condición Saturada superficialmente seca (SSS) del agregado fino.....	77
<b>Figura 31</b> Ensayo de Peso específico, peso del fiola agua y muestra de 500g. del agregado fino .....	77
<b>Figura 32</b> Ensayo de Peso específico, peso del fiola agua y muestra de 500g. del agregado fino .....	77
<b>Figura 33</b> Ensayo de absorción, muestra de 903.4 gr de material saturado en agua para el agregado grueso .....	77
<b>Figura 34</b> Ensayo de Peso específico, obtención de la condición SSS mediante secado con franela para el agregado grueso.....	77
<b>Figura 35</b> Ensayo de Peso específico, muestra de 903.4 gr de material saturado superficialmente seco para el agregado grueso .....	77
<b>Figura 36</b> Aspecto de muestra en carretilla, se muestra pastosidad o trabajabilidad adecuada .....	77
<b>Figura 37</b> Ensayo de Revenimiento o Slump con cono de Abrams, se muestra Slump de 4" para concreto patrón .....	79
<b>Figura 38</b> Confección de Probetas Cilíndricas de concreto para posteriores ensayos de resistencia a compresión.....	79
<b>Figura 39</b> Ensayo de compresión. Colocación de probeta en la máquina de ensayos de compresión .....	79
<b>Figura 40</b> Resistencia del concreto patrón a 07 días de curado, probeta 01 .....	79
<b>Figura 41</b> Resistencia del concreto patrón a 07 días de curado, probeta 02 .....	80

<b>Figura 42</b> Resistencia del concreto sustitución con ceniza al 3%, a 07 días de curado, probeta 01 .....	80
<b>Figura 43</b> Resistencia del concreto sustitución con ceniza al 3%, a 07 días de curado, probeta 03.....	80
<b>Figura 44</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 07 días de curado, probeta 01 .....	80
<b>Figura 45</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 07 días de curado, probeta 02.....	81
<b>Figura 46</b> Resistencia del concreto sustitución con ceniza al 10%, a 07 días de curado, probeta 03.....	81
<b>Figura 47</b> Resistencia del concreto sustitución con ceniza al 10%, a 07 días de curado, probeta 03.....	81
<b>Figura 48</b> Resistencia del concreto patrón a 14 días de curado, probeta 01 .....	81
<b>Figura 49</b> Resistencia del concreto patrón a 14 días de curado, probeta 01 .....	82
<b>Figura 50</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 14 días de curado, probeta 03.....	82
<b>Figura 51</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 14 días de curado, probeta 01 .....	82
<b>Figura 52</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 14 días de curado, probeta 01 .....	82
<b>Figura 53</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 14 días de curado, probeta 01 .....	83
<b>Figura 54</b> Resistencia del concreto patrón a 28 días de curado, probeta 02 .....	83
<b>Figura 55</b> Resistencia del concreto patrón a 28 días de curado, probeta 03 .....	83
<b>Figura 56</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 28 días de curado, probeta 01 .....	83
<b>Figura 57</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 28 días de curado, probeta 02.....	84
<b>Figura 58</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 28 días de curado, probeta 01 .....	84

<b>Figura 59</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 28 días de curado, probeta 02.....	84
<b>Figura 60</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 28 días de curado, probeta 02.....	84
<b>Figura 61</b> Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 28 días de curado, probeta 03.....	85
<b>Figura 62</b> Verificación de roturas de probetas .....	85

## Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b> Módulo de finura de agregados.....	21
<b>Ecuación 2,</b> Contenido de Humedad.....	22
<b>Ecuación 3,</b> Peso unitario suelto o compactado.....	23
<b>Ecuación 4,</b> Peso específico del agregado secado al horno .....	25
<b>Ecuación 5,</b> Densidad del AG secado al horno .....	25
<b>Ecuación 6,</b> porcentaje de absorción del AG.....	25
<b>Ecuación 7.</b> Peso específico del AF secado al horno.....	27
<b>Ecuación 8.</b> Densidad del AF secado al horno.....	27
<b>Ecuación 9.</b> Porcentaje de absorción del AF.....	27
<b>Ecuación 10.</b> Calculo de la cantidad de cemento.....	30
<b>Ecuación 11.</b> Peso seco del AG.....	31
<b>Ecuación 12.</b> Volumen absoluto de materiales.....	31
<b>Ecuación 13.</b> Peso seco del AF .....	32
<b>Ecuación 14.</b> Correlación para humedad de los agregados .....	32
<b>Ecuación 15.</b> Correlación por absorción.....	32
<b>Ecuación 16.</b> Cálculo de agua efectiva .....	32
<b>Ecuación 17.</b> Reajuste del peso del cemento.....	33
<b>Ecuación 18.</b> Resistencia a la compresión.....	35

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general Determinar la influencia de la sustitución parcial de cenizas de briquetas de carbón al 3%, 6% y 10% en la resistencia a la carga máxima del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Trujillo, 2023. Utilizando una metodología de investigación es de tipo aplicada con diseño de investigación cuasi-experimental, para una muestra de 36 probetas de concreto con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días, utilizando como técnica la observación directa y como prueba de contrastación de hipótesis el Análisis de Varianza (ANOVA por sus siglas en inglés), obteniendo como resultados que, en probetas de concreto con 28 días de curado y 0% de sustitución de material cementante por ceniza de briqueta de carbón mineral muestran un  $f'c$  promedio = 221.40 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia a la carga máxima obtenida en probetas con 3% de ceniza añadida como sustituto del cemento muestran un  $f'c$  promedio = 260.67 kg/cm<sup>2</sup>, para porcentaje de sustitución del 6%, se obtiene una resistencia a la carga máxima  $f'c$  promedio = 218.55 kg/cm<sup>2</sup> y para porcentaje de sustitución del 10%, se obtiene una resistencia a la carga máxima  $f'c$  promedio = 192.63 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo, que la ceniza de briqueta de carbón mineral influye en la resistencia a la compresión del carga máxima  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, cenizas, cenizas de briquetas, carga máxima.

## Abstract

The general objective of this research work is to determine the influence of the partial substitution of ashes from coal briquettes at 3%, 6% and 10% on the resistance to the maximum load of concrete  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> in the city of Trujillo, 2023. Using a research methodology is of the applied type with a quasi-experimental research design, for a sample of 36 concrete test tubes with curing times of 7, 14 and 28 days, using direct observation as a technique and As a test to contrast the hypothesis, the Analysis of Variance (ANOVA for its acronym in English), obtaining as results that, in concrete specimens with 28 days of curing and 0% substitution of cementing material by coal briquette ash, show a average  $f'c = 221.40$  kg/cm<sup>2</sup>, while the resistance to the maximum load obtained in test pieces with 3% ash added as a cement substitute show an average  $f'c = 260.67$  kg/cm<sup>2</sup>, for a substitution percentage of 6% , a maximum load resistance  $f'c$  average = 218.55 kg/cm<sup>2</sup> is obtained and for a substitution percentage of 10%, a maximum load resistance  $f'c$  average = 192.63 kg/cm<sup>2</sup> is obtained, concluding that the ash of mineral coal briquette influences the compressive strength of the maximum load  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Keywords: Compressive strength, ash, briquette ash, máximo load.

## I. INTRODUCCIÓN

Globalmente, el material que más se utiliza en la construcción es el concreto para distintos tipos de obras civiles, tales como construcción de edificaciones, canales, embalses, presas, aceras, puentes, arte, etc. Su elaboración incluye utilizando varios tipos de aditivos, con la finalidad de conseguir un concreto de mayor calidad, por tal motivo, es posible utilizar cenizas volantes por sus propiedades como reemplazo del material cementante en la fabricación de concreto para brindar un mayor aporte de sus características físico-mecánicas del concreto, a su vez, las cenizas volantes, al ser un desecho con altos índices de contaminación, su uso en mínimos porcentajes para la elaboración del concreto es adecuada para reducir su impacto ambiental en áreas expuestas. (Yapachura, 2019, pág. 13)

Del mismo modo, la industria de la construcción tiene el desafío de satisfacer la creciente demanda de espacio habitable, que puede reducirse mediante el uso de materiales basados en subproductos industriales que permitan la producción de viviendas de bajo costo y bajo impacto (Juaréz, Mendoza, González, Rodríguez, & Valdez, 2015, pág. 1).

La conciencia de la protección medio ambiental asume mayor relevancia y está llamando cada vez más la atención y, por tal motivo, se resalta que el sector constructivo es un gran consumidor de materias primas y generador de desechos, con impactos ambientales futuros durante la realización de la obra, igualmente utiliza porcentajes entre el 45% y 60% de los recursos obtenidos de la capa terrestre, y su utilización provoca el 50% de emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente. (Ángulo, 2020, pág. 11)

Para, Redón, et al. (2019) la fabricación global de cemento de 1.6 millones de toneladas significa casi el 7% del origen de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Además, las estructuras edificadas con cemento Portland en zonas con altos índices de corrosión tienden a desgastarse después de los primeros 20 años de haberse construido, (pág. 2). La corrosión de las estructuras está fuertemente ligada a la pérdida de integridad estructural del acero de refuerzo del hormigón armado, particularmente como resultado

de la presencia de iones cloruro y/o dióxido de carbono dentro de la estructura (Burgos, Angulo, & Mejía, 2012, pág. 2), por ello en algunas ocasiones se utiliza el hormigón de ultra alto desempeño (UHPC) que es un tipo de hormigón de alta tecnología que, en comparación con otros tipos de hormigón, presenta excelentes propiedades mecánicas y durabilidad. Sin embargo, debido a la gran cantidad de cemento y micro-sílice requeridas, el UHPC tiene un costo y un efecto ambiental significativamente más altos que el concreto tradicional. (Abellán, Torres, Fernández, & Núñez, 2021, pág. 1)

Desde una perspectiva nacional, el volumen de importaciones internacionales de cemento en 2016 fue de 4.129 millones de lotes, un 1,8% más que el año anterior. Tal incremento no es nuevo en el Perú, ya que, según el reporte estadístico de la ASOCEM, la producción de cemento del país aumentó 5.2% en el 2019 con respecto al 2018, lo que también se refleja en la absorción de materias primas de diversos materiales y los mayores requerimientos energéticos para procesamiento, que tiene muchos efectos negativos en el medio ambiente. (Mallqui, 2022)

Es innegable que el uso de subproductos industriales en la fabricación de concreto tiene efectos positivos tanto en la economía como en el cuidado del medio ambiente de un país (Akyuncu, Uysal, Tanyildizi, & Sumer, 2018). Distintas investigaciones se realizaron con el propósito de estudiar los efectos de las escorias trabajadas a temperaturas muy elevadas con propiedades puzolánicas en la trabajabilidad y calidad del concreto, incluido el factor de resistencia a la carga máxima y la contracción por secado; el propósito de uno de estos estudios fue encontrar la cantidad ideal de cenizas volantes a utilizar, obtener la carga máxima a la compresión del concreto a una consistencia determinada y evaluar el grado de retracción por secado (Huaquisto & Belizario, 2018, pág. 2). Sin embargo, a pesar de las excelentes propiedades físicas y mecánicas reportadas hasta el momento, su utilización en la producción de concretos con cenizas añadidas son relativamente escasas (Valencia, Robayo, & Mejía, 2021)

La producción anual de cenizas de carbono se estima que alcanza un total de 500 millones de toneladas al año, lo que representa entre el 75 y el 80 por ciento de la

cantidad total de carbono. En consecuencia, el número de cenizas volantes de carburo ha aumentado a nivel mundial (Uygunolu, 2016), originando un grave problema para su eliminación, problema que persiste hasta la actualidad, motivo por el cual se dio comienzo a analizar sus posibles empleos dentro del campo de la construcción (Mariluz & Ulloa, 2018). Numerosos investigadores han centrado su atención en encontrar soluciones, sin embargo, se sabe que el uso de un material en aplicaciones específicas requiere un estricto control de calidad, y el material resultante debe demostrar su capacidad para competir con el recurso natural o el material primario que busca reemplazar (Vásquez, Mejía, & Mejía, 2016).

Con el fin de brindar materiales que apoyen la sustentabilidad ambiental se desarrollaron mezclas binarias correspondientes a sistemas de cementación como Portland-ceniza volante, Portland-escoria de alto horno y ceniza volante-escoria de alto horno (Cárdenas, Lizarazo, & Aperador, 2016). El propósito de este estudio es garantizar que se produzca el concreto con cemento Portland adecuado, así como la proporción de sustitución de hormigón por cenizas volantes en la fórmula de diseño de la mezcla de hormigón. La importancia de este trabajo es proponer una alternativa para reducir el riesgo de las cenizas volantes al medio ambiente al convertirlas en un sustituto porcentual del cemento en el área constructiva. Debido a la activación del cemento Portland y al uso de cemento geopolítico, se ha hecho posible el uso de cenizas volantes (Lizarazo, García, & Higuera, 2015). Por ello, se recomienda utilizar cenizas volantes como sustituto parcial del cemento, las cuales influirán en las propiedades del concreto para tener resultados óptimos.

Para el desarrollo de este estudio se propuso como interrogante general, ¿De qué forma influye el reemplazo parcial de cenizas de briquetas de carbón al 3%, 6% y 10% en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en Trujillo, 2023?

A su vez, se considera como objetivo general:

Determinar la influencia del porcentaje de ceniza de briqueta de carbón mineral en la resistencia a la carga máxima del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Trujillo,

2023; y como objetivos específicos se plantean:

Verificar que los agregados cumplan los estándares mínimos requeridos según las normas establecidas para la elaboración de probetas.

Hallar el diseño de mezcla a partir del método ACI 211.1 para el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sin y con el reemplazo de ceniza de briqueta de carbón mineral en la ciudad de Trujillo, 2023.

Evaluar la resistencia a la carga máxima de los diseños de mezclas para el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sin y con sustitución de ceniza de briqueta de carbón mineral al 3%, 6% y 10% en la ciudad de Trujillo, 2023

Del mismo modo, se describe como hipótesis general que al añadirle ceniza de briqueta de carbón mineral atribuye de manera positiva en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Trujillo, 2023, y como hipótesis específicas:

La caracterización de los agregados cumplirá con los estándares máximos y mínimos requeridos según las normas estipuladas para la elaboración de un concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> patrón y con ceniza de briqueta de carbón a distintos porcentajes de adición.

La adición de cenizas de briquetas de carbón mineral añadidas al 3%, 6% y 10% como reemplazo del cemento en el diseño de mezclas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> incrementara los niveles de resistencia a la carga máxima en las muestras de hormigón elaboradas en la ciudad de Trujillo, 2023.

Al conocer la caracterización de los agregados se podrá hacer un correcto diseño de mezcla de hormigón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con o sin cenizas de briqueta de carbón mineral en la ciudad de Trujillo, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los antecedentes internacionales, Florez (2021), en su trabajo de tesis en la Universidad de EAFIT, de Medellín - Colombia, plantea como objetivo principal, establecer las propiedades físico-químicas ideales de la ceniza de carbón extraída de tecnologías de automatización de arcillas para crear un hormigón liviano y pasta cerámica en baldosas. Mediante el uso de cenizas obtenidas por la atomización de arcillas, la cual fue mezclada en proporciones de 5%, 10 % y 15% para la elaboración mezclas de concreto y probetas de ensayos. En los resultados se encontró que los testigos de hormigón con cenizas adicionadas obtuvieron un  $f'c$  del concreto superior a 15 MPa y porcentajes de absorción inferior al 5% comparado con un concreto convencional, así mismo, las baldosas de cerámicas fabricadas con ceniza añadida obtuvieron excelentes características al ser procesadas a 1140°C (resistencia a la flexión de 1485,22 N, módulo de rotura de 30,67 MPa y una absorción media de H<sub>2</sub>O por debajo del 10%), concluyendo que las cenizas utilizadas en esta investigación pueden utilizarse como sustituto del material cementante tanto para crear concreto liviano como para crear baldosas.

Cárdenas, Lizarazo y Aperador (2016), en el desarrollo de su estudio por parte del departamento de Ciencias de los Materiales, Edificaciones Mecánicas y Materiales de la Universidad Simón Bolívar, Venezuela, buscan como propósito generar mezclas binarias correspondientes a cemento portland-cenizas volantes, cemento portland-escoria voladura y sistemas de cemento cenizas volantes-escoria voladura para proporcionar materiales amigables con el medio ambiente. El procedimiento experimental consistió en ensayar 120 muestras de concreto con 8 mezclas de dosificación diferentes, evaluando sus propiedades mecánicas a compresión, módulos elásticos y coeficiente de Poisson, módulo de rotura y resistencia a la tracción. La estimulación de las mezclas de hormigón sin material cementante se realiza gracias a la mezcla de activadores alcalinos como el NaOH y el Na<sub>2</sub>SIO<sub>3</sub>. Los recursos iniciales en polvo se caracterizaron a través del análisis de fluorescencia. En los resultados se observa que el hormigón añadido presenta las mejores propiedades mecánicas en cuanto al contenido de c.v. y escoria de alto horno (correspondiente al 20%).

Asimismo, las características mecánicas de los hormigones con activación alcalina fueron comparables y/o mejores que las obtenidas con los hormigones híbridos evaluados en este estudio.

Prieto, Montaña, Parra y Puerto (2019), desarrollaron una investigación en Bogotá, Colombia, el objetivo principal es determinar la mezcla geopolimérica más adecuada para cumplir los lineamientos en las pruebas mecánicas de resistencia a la carga máxima y módulo de rotura utilizando ceniza volante alcalina en lugar del material cementante Portland Tipo I. Para este estudio se fabricaron 576 especímenes de hormigón con relación activador alcalino y ceniza volante de 0.40, 0.45, 0.50 y 0.60 con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días. Los resultados muestran que los especímenes de hormigón con ceniza volante añadida activada alcalinamente poseen excelentes propiedades mecánicas y sostenibilidad ambiental bajo estándares de huellas de carbono.

Como antecedentes nacionales mencionamos a Gonzales y Sánchez (2022), en su tesis llevada a cabo en la ciudad de Lima, tiene como propósito evaluar el impacto de la cantidad de las cenizas de carbón como sustituto del cemento al 3, 6 y 9 por ciento, en adoquines modificados para tránsito ligero. Para este estudio elaboraron probetas bajo los estándares de la NTP 399.611, obteniendo un total de 48 especímenes de 20 x 10 x 4 centímetros, la cuales fueron sometidas a 28 días de curado luego de su elaboración para los ensayos correspondientes. Los resultados muestran que al aumentar el sustituto de cenizas al 9%, los índices de resistencia a la carga máxima aumentan (361,33 kg/cm<sup>2</sup>), pero al minimizar el sustituto de cenizas al 6%, la resistencia disminuye a 189,30 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, al agregar un mayor porcentaje de cenizas de carbón como reemplazo del material cementante, el resultado de la carga máxima aumenta alrededor del 20%.

Caballero (2022), en su tesis realizada en la Universidad Tecnológica de los Andes, en Abancay departamento de Apurímac, busca descubrir el impacto que produce la ceniza de agave americano en la sustitución parcial del hormigón, por medio del enfoque experimental cuantitativo con el método estadístico de comparación

de variaciones ANOVA. Se realizaron 72 probetas de forma cilíndrica de 15cmx30cm y 36 probetas prismáticas de 15cmx15cmx60cm, en las cuales está incluida la probeta patrón y con reemplazo parcial de la ceniza de agave americano al 5, 10 y 15 por ciento para diseños de  $f'c = 20.59\text{MPa}$ . De acuerdo a los resultados indican que los testigos de hormigón parcial de ceniza de agave americano obtuvieron un impacto en los índices de las características mecánicas.

Por otro lado, Yapuchura (2019), en su investigación desarrollada en la Universidad Privada de Tacna, buscó determinar el impacto de las c.v. como porcentaje del reemplazo del material cementante en el aumento de la resistencia a la carga máxima y a la flexión en una losa de hormigón con  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , haciendo uso de un estudio experimental de cenizas volantes utilizando muestras de hormigón al 2,5 %, 5 %, 10 % y 15 % después de 7, 14, 28 y 90 días para encontrar el  $f'c$  de la mezcla de hormigón utilizando cenizas volantes en lugar del material cementante y para calcular la resistencia a la flexión, también se utilizaron muestras de hormigón de 2,5 %, 5%, 10% y 15% para falla de 28 días, concluyendo que la ceniza volante tiene un impacto positivo en la resistencia final del hormigón en las pruebas de compresión y flexión en losas de hormigón, con los porcentajes de 2.5% a 10% como los mejores y el 5% como el porcentaje de reemplazo más óptimo.

Farfán y Pastor (2018), en la investigación que realizaron para la Revista UCV Hacer de la ciudad de Lima, plantean analizar el porcentaje óptimo de ceniza de BCA (bagazo de caña de azúcar) en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $210\text{ kg/cm}^2$ , con una metodología experimental con post-prueba única y grupo de control, mediante el uso de 24 especímenes cilíndricos de hormigón de 15cm x 30cm con tiempos de curado de 7 y 28 días y porcentaje añadido de CBCA al 20 y 40 por ciento como reemplazo del material cementante, cuyos resultados muestran que el  $f'c$  de los especímenes reduce conforme se le añada mayores proporciones de ceniza de BCA como sustituto del material cementante, concluyendo que el uso de ceniza BCA no es recomendable como sustituyente parcial del material cementante en la creación de un hormigón estructural.

Finalmente, como antecedentes en el ámbito local, Contreras y Peña (2017), en su investigación realizada en la Universidad Privada del Norte (UPN) de Trujillo, plantean elevar la resistencia a la carga máxima y reducir la influencia del hormigón adicionando C.V.C en cantidades de 1.5, 3, 4.5 y 6 por ciento en la mezcla. Con un método cuasi experimental, con 10 testigos cilíndricos para el estudio, donde se utilizaron dosificaciones del 1.5, 3, 4.5 y 6 por ciento de cenizas volante para la elaboración de muestras, donde se obtuvo como resultados que, para el hormigón sin ceniza volante con curado a los 28 días, desarrolla una resistencia media de 218kg/cm<sup>2</sup>, 220kg/cm<sup>2</sup>, 232kg/cm<sup>2</sup> y 241kg/cm<sup>2</sup> en el hormigón al 1.5, 3, 4.5 y 6 por ciento de ceniza volante respectivamente. Concluyendo que para cantidades menos a 6 por ciento de ceniza volante se obtiene una carga mayor a la de un hormigón patrón.

En la ciudad de Trujillo, García y Sobrados (2022), en su tesis realizada en la Universidad Privada del Norte, buscan “Hallar la influencia de las propiedades mecánicas del hormigón convencional de 210kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar el material cementante con distintos porcentajes de polvo de carbón mineral antracita”; mediante una metodología de diseño puro experimental, la muestra es de carácter no probabilístico por juicio de expertos, usaron la observación como técnica de recolección de datos y se elaboraron setenta y cinco testigos como instrumento de guía de observación, donde sesenta testigos se ensayaron a compresión y quince testigos a flexión a los siete, catorce y veintiocho días de curado. Obteniendo que los testigos de 5 y 10 por ciento de ceniza añadida adquieren una mayor carga máxima con un curado de 28 días de 344.17kg/cm<sup>2</sup> y 338kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. El índice más elevado a la resistencia a la flexión con 28 días de curado al 5 por ciento de reemplazo fue de 53.10kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que la cantidad reemplazable más apropiada está entre el 5 y 10 por ciento de polvo de carbón mineral antracita, teniendo un gasto de producción total por volumen de hormigón de 18.05 soles en comparación con el hormigón normal.

Entre las principales bases teóricas tenemos el carbón mineral, el cual según el Servicio Geológico Mexicano (2020) es un material pétreo sedimentario de color negro, compuesto en su mayoría por carbono y cantidades mínimas y variables de hidrogeno,

azufre y nitrógeno, cuya característica principal es que arde con facilidad, por lo cual es usado como combustible mayormente en plantas productoras de energía eléctrica. También es utilizado en la metalurgia, generación de gases, fabricación de cemento, entre otros.

Del mismo modo, Maradiaga, Wagner, Sette Jr., Alves y Fernandes da Silva (2017) indica que las briquetas están hechas de materiales que generalmente se presentan en forma de pequeñas partículas de madera, paja u otros materiales que son compactadas con equipos agrícolas o prensas mecánicas para obtener materiales compactados que generalmente se presentan en forma de discos o cilindros.

Por otro lado, las cenizas de briquetas de carbón son generadas a partir de la combustión de briquetas, las cuales son elaboradas con carbón mineral en estado de polvo fino y mezclado con otros materiales que le brinden consistencia, las cuales son muy parecidos a los conglomerantes para la elaboración de puzolanas. Estas cenizas se obtienen producto de la combustión originada en los altos hornos de ladrilleras (Cañar, 2017).

El estudio realizado por, Ríos y Neyra (2020), describe las propiedades de las cenizas de carbón, las cuales se redactan a continuación:

**Propiedades físicas**, cuyas partículas de ceniza tienen una dimensión entre un micrómetro hasta un milímetros y extensión Blaine de 4 cm<sup>2</sup>/gr hasta 2 cm<sup>2</sup>/gr, con una densidad de 1,3 t/m<sup>3</sup>. Presentan color grisáceo oscuro y su resistencia a la compresión es mayor debido a la finura de sus granos, poseen baja permeabilidad ( $K = 3.7 \times 10^{-4}$  cm/seg) y peso específico de 2.0 g/cm<sup>3</sup> y 2.9 g/cm<sup>3</sup>. Estas cenizas tienden a aumentar su porosidad cuando son hidratadas.

**Propiedades químicas**, las cenizas se componen en un 70% por óxido de hierro, óxido de aluminio, dióxido de silicio, óxido de calcio y un 5% de sulfatos. También contienen óxido de magnesio y trióxido de azufre en cantidades mínimas y son obtenidas de la combustión de carbón mineral.

**Propiedades por su trabajabilidad**, las cenizas de carbón mineral, a

pesar de contener puzolanas, necesitan de un largo tiempo para obtener esas características o propiedades puzolanas. También, al utilizarse como añadido en morteros, reduce los niveles de reacción árido/álcalis, dando paso a una gran durabilidad.

Por otro lado, según Ventura (2018), define al hormigón como un material producto al mezclar cemento, agua, arena y agregado grueso, que tiende a endurecer producto de la reacción química producida por el material cementante con el agua. Esta reacción influye en la resistencia del hormigón, el inicia durante los primeros siete días después de haber realizado la mezcla, durante el endurecimiento del hormigón es recomendable mantenerlo húmedo mediante el proceso conocido comúnmente como curado.

Espada y Morales (2020), clasificaron al hormigón en nueve tipos, esto en referencia a la Norma Técnica Peruana y al Ministerio de Vivienda (2009), la cual la clasifica de acuerdo a su composición y al uso que se le da dentro de la construcción:

**Hormigón estructural**, El hormigón simple y reforzado se utilizan en estructuras.

**Hormigón armado o reforzado**, de tipo estructural, cuya característica principal es el refuerzo con acero que será incluido según las cantidades mínimas y máximas permitidas en el cálculo estructural del hormigón.

**Hormigón simple**, de tipo estructural, sin estructuras de refuerzo de acero.

**Hormigón estructural liviano**, este hormigón debe cumplir los estándares de la NTP E060, su característica principal es que para su fabricación se utiliza agregados livianos, además posee densidad de equilibrio menor a 1 850 kg/m<sup>3</sup>, determinada por la ASTM C 567.

**Hormigón peso normal**, este hormigón posee un peso de 2300kg/m<sup>3</sup> aproximadamente.

**Hormigón ciclópeo**, es un hormigón simple elaborado con piedras desplazadoras cuya dimensión máxima es de 10 pulgadas, el cual cubre el 30% del volumen total como máximo.

**Hormigón premezclado**, se dosificado en plantas industriales, el cual puede ser mezclado ya sea en camiones mezcladores o en la propia planta para luego ser transportado a obra.

**Hormigón pre-esforzado**, de tipo estructural con esfuerzos internos añadidos para reducir los esfuerzos de tracción potenciales producidos por las cargas.

Uno de los componentes principales del hormigón es el cemento, ya que al reaccionar con el agua le brinda todas las características físico-químicas posibles propias del hormigón, ya sea fresco y endurecido. Quispe (2019), Según su investigación, nos indica que el cemento es un material pulverizado que, al combinarse con una cantidad adecuada de agua, se convierte en una pasta de características aglomerantes que, ya sea bajo agua o expuesta al aire, tiende a endurecer y tiene la capacidad de formar compuestos estables. Químicamente el cemento está conformado principalmente por óxidos, cuyos porcentajes varían según el tipo de cemento. Dentro de los principales óxidos componentes del cemento. Dentro de los principales óxidos componentes del cemento, en un 95 y 97% aproximadamente, tenemos al óxido de calcio, óxido férrico, óxido de aluminio y al óxido de silicio.

Ángulo (2020), en su investigación, clasifica al cemento en cinco tipos, esto en base a la norma ASTM C150 y la NTP 334.090:

**Tipo I**, generalmente usado en todo tipo de obras.

**Tipo II**, hormigón con resistencia leve al ataque de sulfatos con calor de hidratación moderado.

**Tipo III**, hormigón con propiedades aceleradas para obtener resistencia y alto calor de hidratación.

**Tipo IV**, hormigón con mínimos niveles de calor de hidratación.

**Tipo V**, hormigón con elevadas resistencias frente al ataque de sulfatos.

Del mismo modo, el hormigón también está conformado por agregados, según, Contreras y Peña (2017), definen a los agregados como “materiales de estructura granular estables y características físicas constantes”, ya sean como materias primas o artificiales, que al mezclarse con el material cementante y agua crean un material conglomerado compacto (piedra artificial) al que comúnmente se le denomina hormigón u concreto. Los materiales pétreos contienen entre el 70% y 80% de la capacidad total del hormigón.

Por su parte, INACAL (2013), establece que la calidad de los agregados se relaciona principalmente por su lugar de extracción, su granulometría, densidad, tipo de forma y superficie, los cuales se han clasificado según el tamaño de sus partículas, dando paso a los agregados gruesos, cuyo tamaño granulométrico es de 4.76mm (Tamiz N°04) en adelante, mayormente son gravas, gravas trituradas, piedra chancada, escorias de alto horno enfriadas al aire y hormigón hidráulico triturado; y los agregados finos, cuyas dimensiones de sus partículas se encuentran desde los 4.76mm a 0.075mm (Tamiz N°04 al Tamiz N°200), los cuales pueden ser arenas naturales, arena artificial o combinadas.

El último componente de la mezcla de hormigón es el agua, Quispe (2019), para el proceso de hidratación del hormigón el H<sub>2</sub>O tiene un fundamental y a su vez permite el perfeccionamiento de las características y propiedades del Hormigón, por lo tanto, este material debe cumplir con diferentes criterios para poder cumplir su función dentro del proceso químico del Hormigón. Estos criterios radican principalmente en que el H<sub>2</sub>O para la mezcla tiene que ser totalmente pura, los cuales pueden alterar la composición de la pasta cementante ocasionando endurecimiento retardado, bajos niveles de resistencia, rastros de manchas en el Hormigón, eflorescencias, generador de corrosión del asesor, entre otros. Cabe resaltar que ciertos estudios revelan que el agua potable es apropiada para la preparación de la mezcla, no obstante, esto no es del todo cierto, debido a que este tipo de agua en ocasiones puede contener altos

niveles de sodio o potasio produciendo a reacciones alcalinas con el agregado.

Según Espada y Morales (2020), la resistencia a la carga máxima es la propiedad fundamental del hormigón, definida como "la capacidad para soportar cargas por unidad de área" y se representa en valores de cargas máximas ( $f'_c$ ) ya sea en "kg/cm<sup>2</sup>" o "MPa", para esta investigación se procede a analizar y estudiar específicamente la resistencia a la carga máxima.

Como resultado de las características adherentes de la pasta cementante, la resistencia a la carga máxima es la principal ventaja del hormigón, según Ventura (2018). La carga máxima está directamente relacionada con la pasta cementante, o la relación agua/cemento, que se establece en un peso previo de dosificación. La resistencia a la carga máxima varía por factores que alteran las propiedades de la pasta de cemento, entre ellos se menciona a la temperatura, calidad de los agregados, impurezas en el agua, etc. otro factor que también puede alterar o mejorar la carga máxima es el curado del Hormigón, ya que esto complementa el proceso de hidratación y da lugar a las características finales del concreto.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), su investigación es aplicada, porque busca dar soluciones a las dificultades a través del uso de conocimientos básicos pasados, para su posterior contrastación con los resultados de la misma.

Del mismo modo presenta un enfoque cuantitativo. Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) dicho enfoque, se caracteriza porque contiene un conjunto de pasos secuenciales y probabilísticos en donde cada paso antecede al siguiente y debe realizarse de forma secuencial, es decir, no se puede saltar ni omitir los procesos, sin embargo, se puede redefinir algunos procesos. Otra característica de los estudios cuantitativos es que mediante el uso de recopilación de información realiza las pruebas de hipótesis fundamentadas numéricamente, también utiliza dicha información para crear análisis estadísticos y desarrollar patrones prácticos para validar teorías.

##### **Diseño de investigación**

Presenta diseño experimental de categoría puro, porque permite desarrollar posturas controladas en donde hacen uso deliberadamente de por lo menos una V.I. para determinar su impacto en otras V.D. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### **V. I.: Cenizas de briqueta de carbón mineral.**

Conceptualmente, Cañar (2017) las cenizas de briqueta de carbón mineral son generadas a partir de la combustión de briquetas, las cuales son elaboradas con carbón mineral en estado de polvo fino y mezclado con otros materiales que le brinden consistencia, las cuales son muy parecidos a los conglomerantes para la elaboración de puzolanas. Estas cenizas se obtienen producto de la combustión originada en los altos hornos de ladrilleras.

En su definición operacional, García y Sobrados (2022), indican que se operacionalizará de acuerdo al porcentaje de reemplazo del material cementante por cenizas de briquetas de carbón en la dosificación de la mezcla de hormigón.

#### **V. D.: Resistencia a la compresión.**

Es característica fundamental del hormigón según Espada y Morales (2020) es "la capacidad de resistir cargas por unidad de área", que se puede expresar en MPa o kg/cm<sup>2</sup>.

La definición operacional se deriva del cálculo de la resistencia a la carga máxima utilizada en probetas cilíndricas probadas en el laboratorio de hormigón. (NTP. 339.034, 2015).

### **3.3. Población, muestreo, muestra, unidad de análisis**

#### **Población:**

Engloba todos los especímenes o probetas cilíndricas de hormigón sin ceniza añadida (Probetas patrón) y con reemplazo de cenizas de briqueta de carbón que serán ensayados a la resistencia a la carga máxima de según lo referenciado en la NTP. 339.034. "Prueba de ensayos normalizados para resistencia a la carga máxima del hormigón en probetas cilíndricas"

- **Criterios de inclusión:**

Especímenes de hormigón que cuenten con las medidas, especificaciones y propiedades brindadas por la NTP 339.034.

- **Criterios de exclusión:**

Especímenes de hormigón que no cuenten con las medidas, especificaciones y propiedades brindadas por la NTP 339.034.

#### **Muestra:**

Para la elección de la muestra se hará uso de una muestra no probabilística por juicio de expertos bajo los lineamientos de la norma NTP 339.183, donde señala que para ensayos mínimos por edades se requieren de 3 a más probetas para cada tipo

de prueba a realizar. Para esta investigación se desarrollaron 36 probetas echas de hormigón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con porcentajes de reemplazo del material cementante por cenizas de briqueta de carbón mineral en 0%, 3%, 6% y 10%, con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días (Tabla 1).

**Tabla 1.** Cantidad de Probetas de hormigón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  para ensayos de resistencia a la carga máxima.

% Adición de CBCM	Nº de especímenes/Edad		
	7 d	14 d	28 d
0%	3	3	3
3%	3	3	3
6%	3	3	3
10%	3	3	3
<b>Parcial</b>	12	12	12
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>	

*Nota.* Tomado de NTP. 339.183, 2015.

#### **Unidad de análisis:**

Se elaborarán especímenes de 4 x 8 pulgadas de forma cilíndricas de hormigón puro y con ceniza de briqueta de carbón mineral añadida como reemplazante del cemento, sujetas a ensayos de resistencia a la carga máxima, para las distintas dosificaciones dependiendo del porcentaje reemplazable del cemento.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de obtención de datos**

#### **Técnicas de obtención de datos**

En el presente estudio, la observación será usado como método de obtención de datos. Luego, se desarrollarán y analizarán los datos en Microsoft Excel, el cual está diseñado de acuerdo a las normas mencionadas anteriormente.

Por lo tanto, para el mejor entendimiento de los resultados, se utilizarán datos y gráficos estadísticos creados en el programa estadístico IBM SPSS Statistics

(Statistical Package For The Social Science).

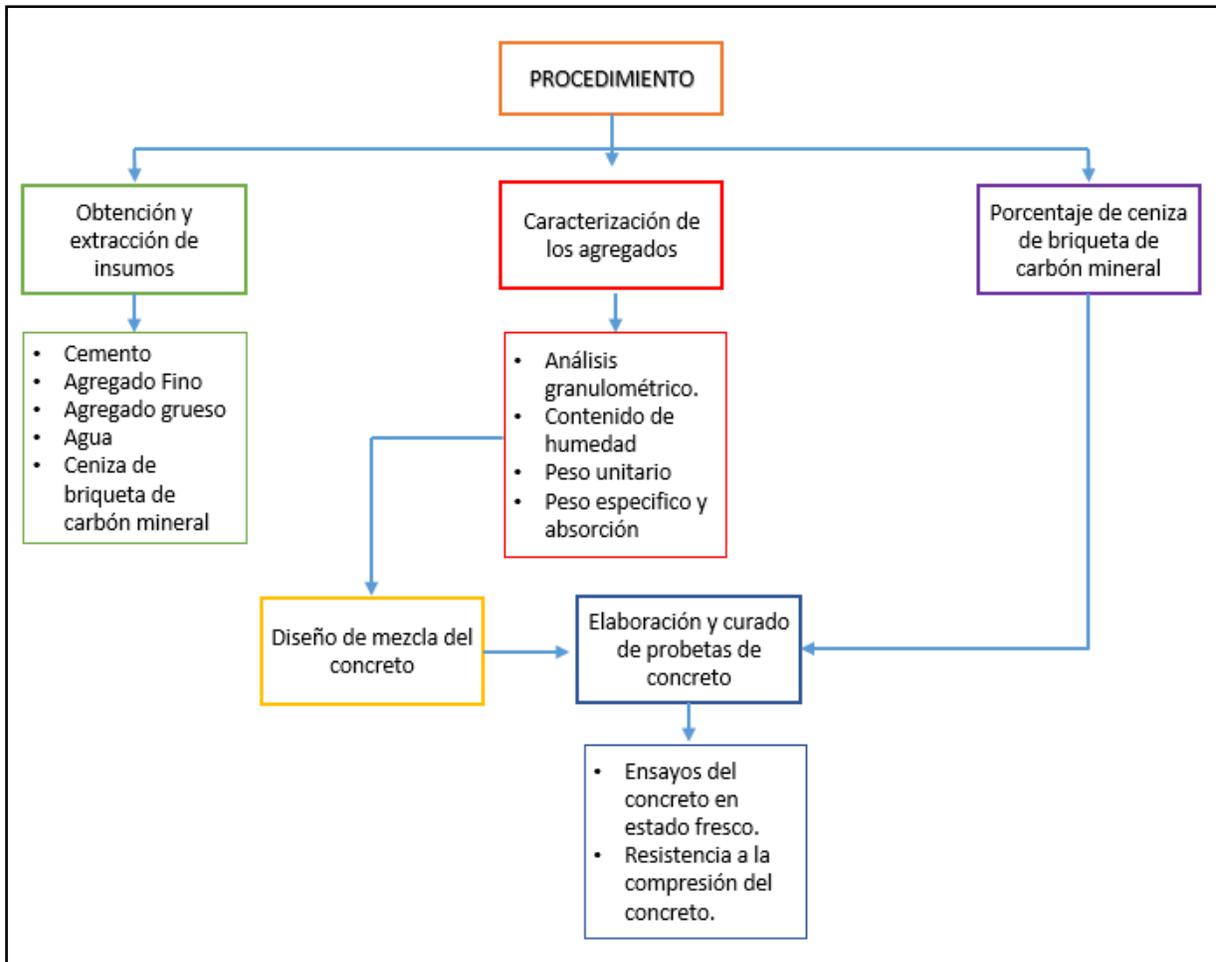
Usará el diagrama de flujo como método de recopilación de datos para determinar los procedimientos que definirán los resultados del proyecto de investigación. Además, se utilizará la inferencia estadística para los diseños de mezcla con distintos porcentajes de ceniza de briqueta de carbón mineral.

### **Instrumentos de obtención de datos**

Como instrumento se utilizará el Análisis de Varianza (ANOVA), el cual permitirá analizar los distintos resultados recolectados en las pruebas realizadas a las probetas de hormigón agrupadas según su tiempo de curado y porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de briqueta de carbón mineral, dichos resultados podrán ser medidos en escala ordinal, por tal, se realizará el estadístico de Shapiro-Wilk con la finalidad de obtener el criterio de normalidad para posteriormente realizar el examen de contrastación de hipótesis usando ANOVA, donde se determinará si la probabilidad obtenida para el valor es  $P > 0.05$ , se aprueba la hipótesis nula ( $H_0 =$  La ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento no contribuye positivamente en la resistencia a la carga máxima del hormigón 210kg/cm<sup>2</sup>) y si la probabilidad obtenida para el valor  $P < 0.05$ , se procede aceptar la hipótesis alterna ( $H_A =$  La ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento si contribuye efectivamente en la resistencia a la carga máxima de un hormigón 210 kg/cm<sup>2</sup>). Este análisis de prueba de hipótesis será realizado en el programa estadístico SPSS (Statistical Package For The Social Science)

### **3.5. Procedimientos**

Los procedimientos estarán sujetos a los lineamientos impuestos por la N.T.P. (Norma Técnica Peruana) y otras normas internacionales, para estudiar los diferentes materiales utilizados para la fabricación de un hormigón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y otros ensayos descritos en la operacionalización de las variables.



**Figura 1.** Procedimientos para el desarrollo del estudio. Elaboración propia.

### **Obtención y extracción de materiales o insumos**

Para la fabricación de los especímenes de hormigón los insumos se obtuvieron de acuerdo con los lineamientos establecidos según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.010). En cuanto al cemento, se usó el cemento Mochica Tipo Ico, por ser el más comercial y el de mayor uso en las obras de la ciudad de Trujillo, esto debido a que las propiedades de este tipo de cemento se adecuan a las características tanto climatológicas como la toponimia del suelo de la ciudad de Trujillo (ver especificaciones en Anexo 1).

La cantera Quebrada El León se utilizó para obtener agregados, finos y gruesos. (Agregados Romero), ubicado en el C.P. El Milagro – Huanchaco - Trujillo, el cual abasteció con arena zarandeada para el agregado fino y piedra chancada HUSO 67

para el agregado grueso, del mismo modo, el agua que se utilizará es agua potable, según los estándares de la NTP 339.088. También, las cenizas de briquetas de carbón mineral serán obtenidas producto de la combustión de las briquetas en los hornos de la ladrillera El Milagro, ubicados en el C.P. El Milagro, Huanchaco, Trujillo. Para el caso del agregado grueso, este se lavaba inicialmente para eliminar las impurezas y los materiales pulverulentos posteriormente se seca en un horno hasta que esté completamente seco (Marcondes, Medeiros, Marques, & Helene, 2015).

En cuanto a la caracterización de los agregados, por lo general, los materiales agregados constituyen dos tercios del volumen total del hormigón y pueden tener un impacto significativo en la trabajabilidad, las propiedades mecánicas, la durabilidad y la porosidad. Además, se habían utilizado para reducir costos y brindar estabilidad. Como resultado, la caracterización de los agregados es crucial para diseñar y predecir el comportamiento del hormigón (Canul, Moreno, & Mendoza, 2016). Los ensayos correspondientes a la caracterización de los agregados se realizaron mediante las pruebas establecidas por la Norma Técnica Peruana, en las que se describen a continuación.

**Análisis granulométrico del A.F. y A.G. (NTP 400.012, 2013)**, esta prueba trata en introducir una parte de la muestra seca de agregado, para posteriormente pasarlos por los diferentes tamices de mayor a menor abertura establecidos por la norma, con el propósito de identificar el tamaño de las partículas de acuerdo a la distribución de los tamices.

Para el desarrollo del presente ensayo se utilizará como materiales, especímenes de A.F. como mínimo de 500 gr. y para el A.G., la cantidad depende del T.M.N. del agregado (Tabla 2). En cuanto a los equipos y herramientas se utilizan balanza aproximadas a 0.1 gr. para el A.F. y de 0.5 gr. para A.G., también se utilizan tamices, los cuales tienen que cumplir con las especificaciones de la NTP 350.001, por último, un horno de secado que proporcione T° continua de 110°C ± 5°C.

**Tabla 2.** Cantidad mínima de A.G. para ensayos de análisis granulométrico

T.M.N. del A.G.		Cant. min de la muestra
mm	pulg	kg
9,50	3/8	1
12,50	1/2	2
19,00	3/4	5
25,00	1	10
37,50	1 1/2	15
50,00	2	20
63,00	2 1/2	35
75,00	3	60
90,00	3 1/2	100
100,00	4	150
125,00	5	300

*Nota.* Tomado de NTP 400.012, 2013.

Para elaborar esta prueba de granulometría de los agregados, primero se tiene que seleccionar una muestra mediante un cuarteo de material según la NTP 400.043 (2015). Posteriormente, el material se coloca de forma cónica sobre una superficie rígida para presionar con una pala o cucharón hasta obtener un espesor y diámetro trabajable. Luego, se dividen el material en cuatro porciones iguales y se descartan los cuatro contrarios de forma diagonal. Este proceso se realiza hasta que la muestra sea lo más pequeña posible. Después de obtener la muestra, se seca en el horno para luego tamizarlo de acuerdo a los tamices establecidos según la norma. El material es agitado dentro de los tamices durante 5 a 10 minutos. Finalmente, se pesará el material retenido según cada tamiz utilizado.

Los cálculos corresponden al módulo de finura, obtenidos al dividir la sumatoria del porcentaje acumulado retenido en cada tamiz entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% P. Ret. Acumulado en mallas N^{\circ}04 hasta N^{\circ}100}{100}$$

**Ecuación 1. Módulo de finura de agregados.**

**Contenido de humedad del A.F. y A.G. (NTP 339.185, 2013)**, este ensayo de acuerdo a la norma permite hallar los porcentajes de humedad evaporable por secado a horno de una muestra de agregado.

La proporción del espécimen para este ensayo es determinado mediante el TMN (Tamaño máximo nominal) del agregado según la (Tabla 3). Como herramientas y equipos se utiliza una balanza con aproximación de 0.1 gr., horno para secado que proporcione T<sup>o</sup> continua de 110°C ± 5°C, un depósito capaz de contener el espécimen en su totalidad y que no sea sensible al calor y por último una espátula o cuchara metálica de tamaño óptimo para manipular y revolver las muestras.

**Tabla 3.** Cantidad mínima de agregados para ensayo de contenido de humedad.

T.M.N. del Agregado		Cant. mínima del espécimen	
mm	pulg	kg	
4,75	0.187	0,50	
9,50	3/8	1,50	
12,50	½	2,00	
19,00	¾	3,00	
25,00	1	4,00	
37,50	1 ½	6,00	
50,00	2	8,00	
63,00	2 ½	10,00	
75,00	3	13,00	
90,00	3 ½	16,00	
100,00	4	25,00	
150,0	6	50,00	

*Nota.* Tomado de NTP 339.185, 2013.

El procedimiento para la prueba del contenido de humedad inicia tomando el peso del material húmedo, luego la muestra se introduce al horno en un recipiente durante las siguientes próximas 24 horas, por último, se pesa la muestra seca después de haber estado en el horno durante el tiempo antes mencionado. El cálculo del C.H. se determina mediante la Ecuación 2.

$$C.H = \left( \frac{W - D}{D} \right) * 100$$

***Ecuación 2. Contenido de Humedad (C.H.)***

Donde:

CH= Contenido de humedad evaporable (%)

W = Masa de la muestra húmeda (g)

D = Masa de la muestra seca (g)

**Peso Unitario del Agregado (NTP 400.017, 2011)**, sirve para encontrar la densidad en masa de los agregado sueltos o compactados, también se calculan los vacíos entre las partículas que componen el A.F., A.G. o combinados en las mismas proporciones.

Se utilizarán muestras que no exceda los 125 mm del TMN. Dentro de los equipos y herramientas lo componen una balanza aproximada al 0,5 g. con una exactitud con respecto al peso de la muestra de 0,1%, también se utilizará una barra compactadora recta de acero liso de 5/8" y 60 centímetros de longitud aproximadamente, un recipiente de medida metálico y cilíndrico con asas, con acabados precisos en su interior, rígido y capaz de mantener su forma durante el ensayo. La altura del depósito debe estar por debajo del 150% ni menor al 80% del diámetro, el volumen del contenedor estará determinada por el TMN del agregado según la (Tabla 4). Como herramientas para manipular el material se utilizará una pala o cucharón de mano, y una pala de vidrio de por lo menos ¼ de pulgada de espesor que servirá para calibrar el material.

**Tabla 4.** *Volumen mínimo del contenedor*

T.M.N. del Agreg.		Cant. Min. de la muestra	
mm	pulg	L	m3
12,5	½	2,8	0.0028
25,0	1	9,3	0,0093
37,50	1 ½	14	0,0140
75,00	3	28	0,0280
100,00	4	70	0,0700
125,00	5	100	0,1000

*Nota.* Tomado de NTP 400.017, 2011.

Para encontrar el P.U. compactado del agregado procederemos a realizar el apisonamiento, el cual se realiza en un contenedor previamente calibrado donde se llenará la tercera parte del recipiente con el agregado y se apisona con 25 golpes realizados con uniformidad, posteriormente se llena hasta los 2/3 de la medida y se vuelve a realizar el mismo procedimiento con la misma cantidad de golpes, por último se llena hasta rebosar, realizando la misma cantidad de golpes con la barra compactadores y se realiza el enrazado del material sobrante utilizando la barra compactadora. Para el cálculo se pesa el peso del depósito más la muestra compactada y el peso del depósito solo, en una balanza de 5g de aproximación.

El peso suelto del agregado se determina mediante el llenado del contenedor con una pala o cuchara a una altura máxima de 5cm sobre el recipiente hasta rebalsar, el material excesivo se enrasa con una regla. Para el cálculo pesaremos el recipiente y el recipiente con la muestra, en una balanza con aproximación de 5 g. (Ecuación 3)

$$P.U. = \frac{G - T}{V}$$

**Ecuación 3,** *Peso unitario suelto o compactado*

Donde:

- P.U. = P. unitario del agregado
- G = P. del contenedor más agregado
- T = P. del recipiente
- V = Vol. del recipiente.

**Peso específico y absorción del A.G. (NTP 400.021, 2013)**, determina la densidad media de los granos del A.G sin incluir los espaciamentos entre los granos, la densidad relativa y la capacidad de absorción del A.G.

La muestra utilizada para este ensayo está determinada por la Tabla 5, como equipos y herramientas se utiliza una balanza con aproximación de 0.005 kg, acondicionada con un gancho que permita colgar una canastilla de alambre el cual contiene la muestra de forma que eluda la retención de aire al ser sumergida en el agua, también se utilizará un contenedor de agua capaz de contener la canasta con la muestra mientras cuelga debajo de la balanza. Para el secado de la muestra se utilizará un horno de temperatura continua de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 5.** *Cant. mín. de muestra para ensayos de Pe. y ABS. del agregado.*

T.M.N. del A.G.		Cant. Min. de la muestra
mm	pulg	kg
12,50	½	2
19,00	¾	5
25,00	1	10
37,50	1 ½	15
50,00	2	20
63,00	2 ½	35
75,00	3	60
90,00	3 ½	100
100,00	4	150
125,00	5	300

*Nota.* Tomado de NTP 400.021, 2013.

Para el cálculo del específico procederemos a realizar lo siguiente. Primero secaremos la muestra en el horno, luego se deja enfriar a T° ambiente o hasta una T. controlable. Después, el AG se sumerge en H<sub>2</sub>O a T° ambiente por 1 día. Después de pasar el tiempo mencionado, se extiende el material sobre una tela absorbente para secar las partículas de agua en la superficie. Después, se halla el peso saturado de la superficie seca de la muestra. Por último, la muestra se coloca en la canastilla de alambre y se suspende desde la balanza hasta el recipiente de H<sub>2</sub>O. Se mide la masa aparente de la muestra en H<sub>2</sub>O a 23° centígrados y luego en el horno se secará para encontrar el peso seco.

Para encontrar la densidad y el Pe. del A.G. secado al horno se utiliza la ecuación 4 y 5.

$$Pe = \frac{A}{(B - C)}$$

**Ecuación 4, Pe. del A.G. secado al horno**

$$D = Q_w * Pe.R$$

**Ecuación 5, Densidad del AG secado al horno**

Para encontrar el % de absorción del A.G. aplicaremos la ecuación 6.

$$\%Abs = \frac{(B - A)}{(A)} * 100$$

**Ecuación 6. % de ABS. del AG.**

Donde:

Pe= Peso específico del A.G.

D= Densidad del A.G.

A= Masa de la muestra secada al horno, g

B= masa de la muestra saturada con superficie seca, g

C= masa aparente de la muestra saturada en agua, g

Dw= densidad del agua a 23°C.

**Pe. y % de ABS. del A.F. (NTP 400.022, 2013)**, determina la densidad promedio de las partículas de AF sin tener en cuenta los espaciamientos entre las partículas, la densidad relativa o la capacidad de ABS. del AF.

Para llevar a cabo este ensayo, se utiliza una balanza de 0,1 gramos de aproximación, una fiola de vidrio de cuello largo de 500 cm<sup>3</sup>, un molde de cono de metal con un diámetro interno de 40mm en el extremo superior y 90mm en el extremo inferior, con 75mm de altura ( $\pm 3$  mm en todas las dimensiones), una barra de compactación de acero de 340 gramos y 25mm de diámetro en una cara plana de compactación circular, para luego colocarlo en el horno a temperatura continua de 110°.

Para encontrar el peso específico, se seca la muestra de ensayo, para luego sumergir el A.F. en H<sub>2</sub>O a T° ambiente. Se procede a decantar el H<sub>2</sub>O cuidadosamente para evitar pérdida de partículas finas. Posteriormente extiende el material sobre una superficie horizontal y secado en estufa hasta lograr un secado saturado superficialmente seco. Luego se procede a rellenar el molde hasta completar su nivel superior, y en seguida se procede a apisonar la muestra con la barra compactadora con un total de 25 golpes, después de realizar dicho procedimiento se inicia a desmoldar verticalmente, la cantidad de material desprendido durante el desmolde quiere decir ha alcanzado el estado SSS.

Para realizar el procedimiento gravimétrico se llenará por partes la fiola con H<sub>2</sub>O, posteriormente se añadirá 500g de A.F. saturado con superficie seca, luego se adiciona H<sub>2</sub>O hasta completar un 90% de la fiola. Se agita la fiola para poder extraer

las burbujas de aire que se encuentran atrapadas y procederemos a completar el nivel del H<sub>2</sub>O. Se halla la masa total de la fiola, la muestra del agregado y el H<sub>2</sub>O. Se extrae el A.F. de la fiola y se introduce en el horno para su secado, para culminar se procederemos a determinar la masa de la fiola con 500cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>O a 23°C.

El cálculo correspondiente para el Pe. y densidad del A.F. secado al horno es el siguiente:

$$PeAf = \frac{A}{(B + S - C)}$$

**Ecuación 7.** *Peso específico del AF secado al horno.*

$$DAf = Dw - PeAf$$

**Ecuación 8.** *Densidad del AF secado al horno.*

Del mismo modo, se procede a calcular el %ABS del A.F. mediante la siguiente ecuación:

$$\%Abs = \frac{(S - A)}{(A)} = 100$$

**Ecuación 9.** *% de ABS. del A.F.*

Donde:

A= masa de la muestra seca al horno

B= masa del matraz lleno con agua hasta 500 cm<sup>3</sup>.

C= masa del matraz lleno con la muestra y el agua.

S= masa de la muestra saturada de superficie seca.

Dw= densidad del agua a 23°C.

**Diseño de mezcla del hormigón (Método ACI 211)**, para un correcto diseño de mezcla del hormigón se tomarán en cuenta los siguientes criterios (Tablas 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

**Tabla 6.** Resistencia a la carga máxima % requerida

Resist. carga máxima específica ( $f'c$ = kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. a la carga máxima promedio requerida ( $f'cr$ = kg/cm <sup>2</sup> )
< a 210	$f'c + 70$
$210 \leq x \leq 350$	$f'c + 84$
> 350	$1.10 f'c + 50$

*Nota.* Tomado de ACI Comité 318, 2008.

**Tabla 7.** Asentamientos recomendados de acuerdo la estructura a construir.

Tipo de estructura	Asentamiento en pulgadas	
	Máx.	Mín.
Zapatatas y muros de cimiento reforzado	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Hormigón masivo	2"	1"

*Nota.* Tomado de ACI Comité 211, 2002

**Tabla 8.** *Cálculo del vol. unitario de H2O*

<b>Agua para los T.M.N. de A.G. y slump indicado</b>								
<b>Asentamiento</b>	<b>3/8"</b>	<b>1/2"</b>	<b>3/4"</b>	<b>1"</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>6"</b>
<b>Hormigón sin aire añadido</b>								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Hormigón con aire añadido</b>								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

*Nota.* Esta tabla describe los criterios aprox. de contenido de H2O para mezclas con distintos asentamientos y TMN de los agregados. Tomado de ACI Comité 211, 2002.

**Tabla 9.** *Cálculo del contenido de aire atrapado*

<b>T.M.N. del A.G.</b>	<b>Aire atrapado</b>
<b>Pulg.</b>	<b>%</b>
3/8	3
1/2	2.5
3/4	2
1	1.5
1 1/2	1
2	0.5
3	0.3
6	0.2

*Nota.* Esta tabla muestra el %aprox. de aire atrapado en hormigones sin aire añadido. Tomado de ACI Comité 211, 2002.

**Tabla 10.** *Relación a/c*

Resist. a la carga máxima a 28 d (f'cr= kg/cm2)	Relación a/c, en peso	
	Hormigón s/ aire añadido	Hormigón c/ aire añadido
450	0.38	0.28
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

*Nota.* Esta tabla muestra la relación a/c determinada por la resistencia a la carga máxima del hormigón. Tomado de ACI Comité 211, 2002.

A partir de los valores de la tabla 10, se calcula el contenido del cemento con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{a}{a/c}$$

**Ecuación 10.** *Cálculo de la cantidad de cemento.*

Donde:

C= Cant. de cemento en kg/cm3.

a= Contenido de H2O en la mezcla en kg/cm3.

a/c= Relación a/c.

**Tabla 11.** *Determinación del volumen del A.G.*

T.M.N. del A.G. (“)	Vol. del A.G. por unidad de vol. de hormigón			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

*Nota.* Esta tabla muestra el vol. de A.G., seco y compactado por m3 de hormigón, para distintos M.F. del agregado. Tomado de ACI Comité 211, 2002.

El cálculo del peso seco y compactado del A.G. se halla aplicando la sgte. Ecuación:

$$PsAg = M * FAg$$

**Ecuación 11.** *Peso seco del A.G.*

Donde:

$PsAg$  = P. seco del A.G., kg/m3.

$M$  = Densidad de masa compactada del A.G.

$FAg$  = Vol. del A.G., seco y compactado por unidad de vol. de hormigón.

El cálculo del vol. absoluto de los materiales que componen el hormigón por m3 se realiza con la siguiente ecuación:

$$V_{Abs} = \frac{P_S}{D}$$

**Ecuación 12.** *Vol. absoluto de materiales*

Donde:

$V_{Abs}$  = Vol. absoluto (m<sup>3</sup>)

$P_s$  = P. seco (kg)

$D$  = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

El peso seco del A.F. se obtiene a partir del cálculo de la siguiente ecuación:

$$P_{S_{Af}} = D_{Af} * V_{Abs.Af}$$

**Ecuación 13. Peso seco del AF**

Donde:

$P_{S_{Af}}$  = P. seco de A.F. (kg)

$D_{Af}$  = Densidad del A.F. (kg/m<sup>3</sup>)

$V_{Abs.Af}$  = Vol. absoluto del A.F. (m<sup>3</sup>)

Para encontrar un diseño de mezcla más óptimo, se recomienda realizar reajustes y correlaciones para los distintos materiales que componen la mezcla de hormigón, dichas correlaciones se muestran a continuación:

$$Ag.F. o Ag.G = p.seco \left( \frac{\% hum.}{100} + 1 \right)$$

**Ecuación 14. Correlación para humedad de los agregados**

$$Ag.F. o Ag.G = peso seco \left( \frac{\% hum. - \% Absorción}{100} + 1 \right)$$

**Ecuación 15. Correlación por absorción**

$$Agua efec. = H_2O de diseño - H_2O libre$$

**Ecuación 16. Cálculo de H<sub>2</sub>O efectiva**

$$C_r = \frac{\text{Agua efec.}}{Ra/c}$$

### ***Ecuación 17. Reajuste del peso del cemento***

En cuanto a la ceniza de briquetas de carbón mineral será añadida como sustituto del cemento en porcentajes del 3, 6 y 10 por ciento, previamente tamizados por la malla N° 16.

**Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP 339.183, 2013)**, Se recomienda utilizar probetas cilíndricas de acero o cualquier material que no sea absorbente y no reaccione con el cemento Portland Tipo I al crear probetas de hormigón. Se utilizarán herramientas adicionales como varillas de compactación, martillos de goma, recipientes para muestreo y mezclado y una mezcladora de hormigón con tambor giratorio.

Para un mezclado adecuado de hormigón, primero se pone el A.G. en la mezcladora con una parte de H<sub>2</sub>O de mezcla antes de encender el tambor giratorio. Una vez que comienza el proceso giratorio, se agrega el A.F., el cemento y la cantidad faltante de H<sub>2</sub>O. Se deben mezclar estos materiales por tres minutos, luego se deben reposar por tres minutos y se mezclan otros dos minutos.

Antes de realizar las pruebas de hormigón, se realizan pruebas de hormigón en estado fresco utilizando una parte de la mezcla que se utilizará para crear los especímenes.

**Slump o Asentamiento del hormigón (NTP 339.035, 2009)**, describe cómo calcular el asentamiento del hormigón en laboratorio y en el campo. Se utilizará un molde de metal llamado Cono de Abrams, que tiene un espesor mínimo de 1,5mm, una altura de 300 mm (12 pulg), un diámetro inferior de 200mm (8pulg) y un diámetro superior de 100mm (4 pulg).

Para llenar correctamente el molde, primero se debe humedecerse y colocarse sobre un área plana, rígida y no absorbente. Luego, el molde se llenará en 3 capas

uniformes, se compacta cada capa en forma espiral golpeándola 25 veces. La última capa se tiene que llenar con material en exceso, para luego enrasar con la varilla sobre el extremo superior del molde. Después proseguimos a levantar el molde a una altura de 30cm en 5seg. Todos estos procesos deben realizarse en un aproximado de 2 minutos y medio sin interrupciones. Una vez retirado el molde se medirá el asentamiento con en referencia a la altura de Cono de Abrams.

La elaboración de testigos cilíndricos de hormigón se realiza colocando la mezcla obtenida en moldes cilíndricos con un cucharón y moviéndolo alrededor del borde del molde para evitar la segregación. La Tabla 12 muestra la cantidad de capas y varillas necesarias para la compactación de la mezcla.

**Tabla 12.** *Número de capas, diámetro de varillas y numero de golpes por capa en la elaboración de probetas de hormigón.*

<b>Diámetro de la probeta, mm (pulg)</b>	<b>Núm. de capas uniformes</b>	<b>Diámetro de la varilla, mm (pulg)</b>	<b>Núm. de golpes por capa</b>
75 a 100 (3) a (4)	2	10 (3/8)	25
150 (6)	3	16 (5/8)	25
200 (8)	4	16 (5/8)	50
250 (10)	2	16 (5/8)	75

*Nota.* Tomado de NTP 339.183, 2013.

Después de un día después del vaciado de la mezcla, se lleva a cabo el desmontaje de los ensayos de hormigón, los cuales serán sumergidos en agua durante 3, 14, y 28 días.

**Ensayo de Resistencia a la carga máxima del hormigón (NTP 339.034, 2015)**, este ensayo trata en usar cargas axiales a una velocidad estable en un rango limitado sobre probetas cilíndricas de hormigón mientras ocurre la falla. Para este ensayo, se empleó una máquina de rotura de testigos de hormigón, que tiene la capacidad y la velocidad ideales para la rotura de probetas a compresión. Para

mantener su condición húmeda, las probetas se ensayarán lo más pronto posible después de ser retiradas del tiempo de curado.

Los bloques de ruptura deben colocarse tanto en la parte superior como en la parte inferior de los cabezales de la máquina de ruptura de probetas. Luego, las áreas que se tocan con la máquina de ensayo y los testigos de hormigón se limpian. Para asegurarse de que la probeta esté bien centrada entre los dos bloques de rotura de la máquina de ensayo, el testigo de hormigón se colocará sobre el bloque inferior de rotura y se alinea con el eje del bloque superior. Una vez que la probeta está bien alineada, la carga se distribuye continuamente en ella y no se interrumpe hasta que la carga disminuye o hay fracturas notables en la probeta. Para determinar la resistencia a la carga máxima de los testigos de hormigón, la carga máxima de la muestra se divide entre el área promedio de la cara donde se aplicó la carga.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

***Ecuación 18. Resistencia a la carga máxima.***

### **3.6. Método de análisis de datos**

El análisis de datos para conseguir los resultados esperados se determinó mediante aplicaciones informáticas después de cada ensayo de laboratorio, con el propósito de conseguir datos fidedignos y originales, además estos datos serán manipulables y fáciles de interpretar para obtener la información correspondiente respecto a la sustitución del cemento por las cenizas de briqueta de carbón mineral en la elaboración de hormigón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **3.7. Aspectos éticos**

El siguiente P.I. científica se elaboró teniendo en cuenta los principios éticos determinados en el Código de Ética del Investigador Científico de la UCV, los cuales basan sus términos en referencia a la justicia, igualdad, veracidad y trabajo en equipo, con la finalidad de obtener un trabajo original. Así mismo, se compromete a utilizar la

información brindada en las pruebas de laboratorio de las mezclas de hormigón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con incursiones de cenizas volantes al 2%, 3% y 5% solo para fines académicos, bajo los principios y valores éticos del investigador. Finalmente, las referencias bibliográficas mencionadas en esta investigación fueron citadas correctamente con la finalidad de evitar plagio.

#### IV. RESULTADOS

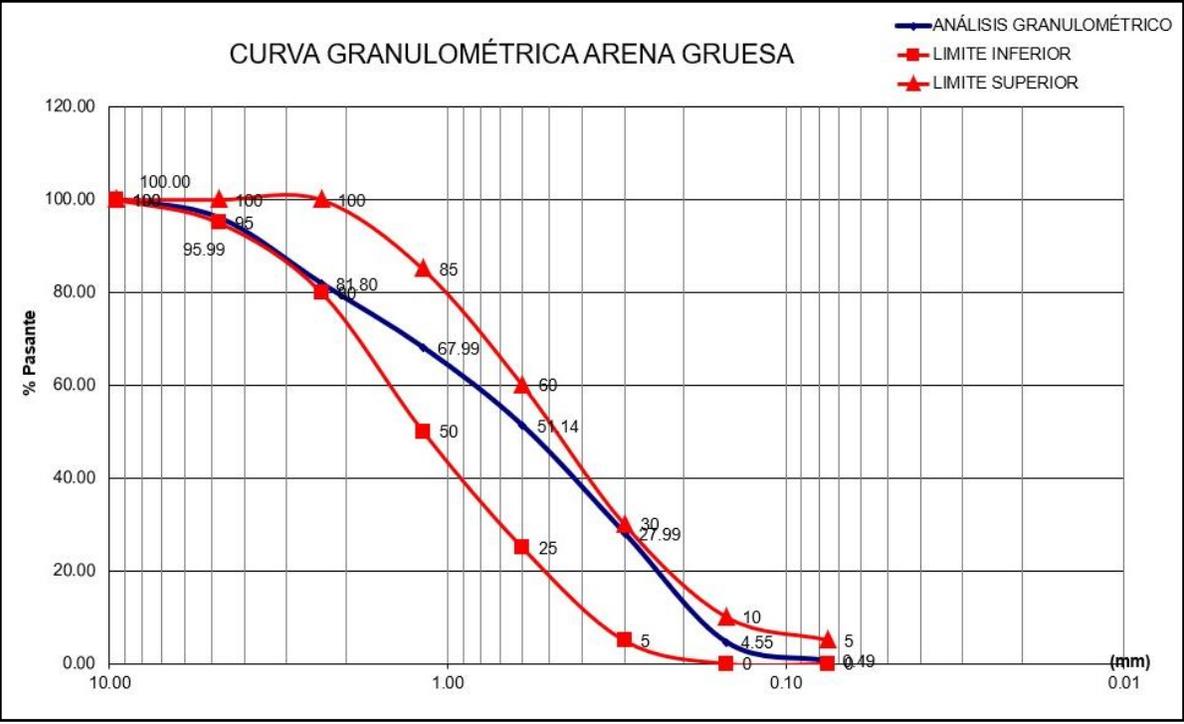
De acuerdo al O.E. 1; "Determinar la caracterización de agregados que se usarán en la adición de ceniza de briqueta de carbón mineral en un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>". Se realizaron los ensayos correspondientes de acuerdo a cada norma estipulada.

**Tabla 13.** *Análisis Granulométrico del A.F.*

<b>Tipo de agregado:</b>		A.F.					
<b>Procedencia:</b>		Cantera " EL MILAGRO"					
<b>Peso seco inicial:</b>		1012.3		<b>Módulo de Fineza:</b>		2.71	
Tamiz	Abertura (mm)	P. Ret. (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Pasa	NTP 400.037	
						Mín.	Máx.
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
Nº 4	4.750	40.6	4.0	4.0	96.0	95.0	100.0
Nº 8	2.360	143.6	14.2	18.2	81.8	80.0	100.0
Nº 16	1.180	139.8	13.8	32.0	68.0	50.0	85.0
Nº 30	0.600	170.6	16.9	48.9	51.1	25.0	60.0
Nº 50	0.300	234.4	23.2	72.0	28.0	5.0	30.0
Nº 100	0.150	237.2	23.4	95.4	4.6	0.0	10.0
Nº 200	0.075	41.1	4.1	99.5	0.5	0.0	5.0
FONDO		5.0	0.5	100.0	0.0		

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del análisis granulométrico del A.F. según la NTP 400.012.

**Figura 2.** Curva granulométrica agregado fino. Se plasma los resultados obtenidos del análisis granulométrico del A.F. mediante la curva granulométrica según la NTP 400.012.

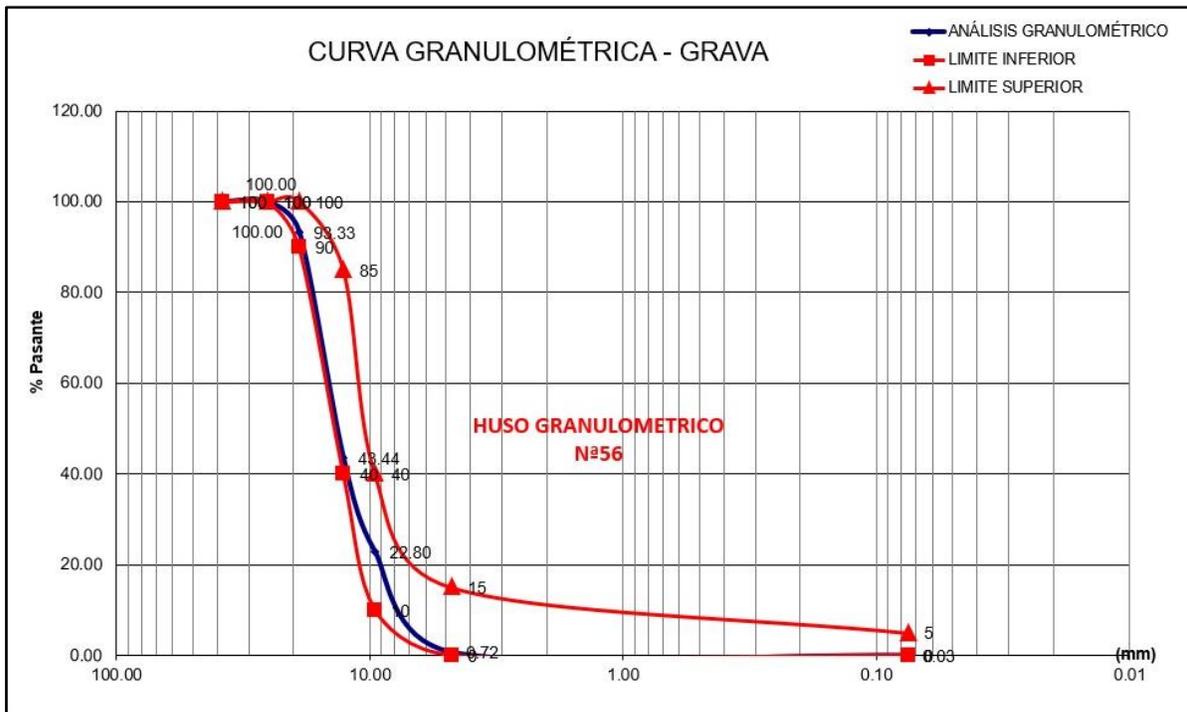


**Tabla 14.** *Análisis granulométrico del agregado grueso*

<b>Tipo de agregado:</b>	Agregado Grueso						
<b>Procedencia:</b>	Cantera " EL MILAGRO "						
<b>Peso seco inicial:</b>	2287.7						
Tamiz	Abertura (mm)	P. Ret. (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Pasa	NTP 400.037	
						Mín	Máximo
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0	100.0
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.000	152.60	6.67	6.67	93.3	90.0	85.0
1/2"	12.500	1141.40	49.89	56.56	43.4	0.0	0.0
3/8"	9.500	472.20	20.64	77.20	22.8	20.0	55.0
Nº 4	4.750	505.00	22.07	99.28	0.7	0.0	10.0
Nº 200	0.075	15.80	0.69	99.97	0.0	0.0	0.0
FONDO		0.70	0.03	100.00		0	0

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del análisis granulométrico del A.G según la NTP 400.012.

**Figura 3.** Curva granulométrica Agregado Grueso. Se plasma los resultados obtenidos del análisis granulométrico del A.G. mediante la curva granulométrica según la NTP 400.012.



**Tabla 15.** Contenido de humedad del A.F.

Nº Muestra	P. muestra húmeda (gr)	P. muestra seca (gr)	Cont. de Humedad (%)
1	509.6	502.2	1.47

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del C.H. del A.F. según la NTP 339.185.

**Tabla 16.** *Contenido de humedad del A.G.*

Nº Muestra	P. muestra		Contenido de Humedad (%)
	húmeda (gr)	P. muestra seca (gr)	
1	1076.2	1069.1	0.66

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del C.H. del A.G. según la NTP 339.185.

**Tabla 17.** *P. unitario suelto del A.F.*

Descripción	Muestra		
	I	II	III
Vol del recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007
P. del recipiente (kg)	12.079	12.079	12.079
P. recipiente + muestra suelta (kg)	23.41	23.28	23.33
P. unitario suelto (kg/m3)	1622	1605	1612
<b>%P.U.S. (kg/m3)</b>	<b>1613</b>		

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del P.U.S del A.F. según la NTP 400.017.

**Tabla 18.** *P. unitario suelto del A.G.*

Descripción	Muestra		
	I	II	III
Vol del recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007
P. del recipiente (kg)	12.079	12.079	12.079
P. recipiente + muestra suelta (kg)	22.354	22.294	22.318
Peso unitario suelto (kg/m3)	1472	1463	1467
<b>% P.U.S. (kg/m3)</b>	<b>1467</b>		

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del P.U.S. del A.G. según la NTP 400.017.

**Tabla 19.** *P. unitario compactado del A.F.*

Descripción	Muestra		
	I	II	III
Vol del recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007
P. del recipiente (kg)	12.079	12.079	12.079
P. recipiente + muestra suelta (kg)	24.63	24.57	24.6
Peso unitario suelto (kg/m3)	1797	1789	1793
<b>% P.U.C. (kg/m3)</b>	<b>1793</b>		

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del P.U.C. del A.F. según la NTP 400.017.

**Tabla 20.** *P. unitario compactado del A.G.*

Descripción	Muestra		
	I	II	III
Vol. del recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007
P. del recipiente (kg)	12.079	12.079	12.079
P. recipiente + muestra suelta (kg)	23.243	23.238	23.264
P. unitario suelto (kg/m3)	1599	1598	1602
<b>% P.U.C. (kg/m3)</b>	<b>1600</b>		

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del P.U.C. del A.G. según la NTP 400.017.

**Tabla 21.** *Peso Específico. y % Absorción. DEL A.F.*

DESCRIPCIÓN	MUESTRA
P. de fiola + agua + muestra (gr)	1016
P. de fiola + agua (gr)	708.5
P. de la muestra s.s.s. (gr)	500
P. de la muestra seca (gr)	492.8
<b>Pe. (g/cm3)</b>	<b>2.698</b>
<b>ABS. (%)</b>	<b>1.46</b>

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del Pe. y % de ABS. del A.F. según la NTP 400.017.

**Tabla 22.** *Peso específico y % Absorción del A.G.*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>
P. de la muestra s.s.s. (gr)	903.4
P. de la muestra seca (gr)	893.8
P. de la muestra sumergida (gr)	556
<b>Pe. (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.579</b>
<b>ABS. (%)</b>	<b>1.07</b>

*Nota.* Se plasma los resultados obtenidos a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J del Pe. y % de ABS. del A.G. según la NTP 400.017.

Con respecto al OE. 2: “*Desarrollar el diseño de mezcla a partir del método ACI 211.1 para el concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> sin y con sustitución de ceniza de briqueta de carbón mineral en la ciudad de Trujillo, 2023*”. Para lo cual se realizaron los diseños de mezclas correspondientes para 0%, 3%, 6% y 10% de ceniza de briquetas de carbón mineral como sustituto del cemento en la mezcla de concreto.

**Tabla 23.** *Diseño de mezcla para hormigón con 0% de ceniza de briqueta añadida.*

<b>Material</b>	<b>P. Seco (kg/m3)</b>	<b>Vol. (m3)</b>	<b>P. Húmedo (kg/m3)</b>	<b>P. SSS (kg/m3)</b>	<b>Tanda Prueba (kg)</b>	<b>Tanda por m3</b>	<b>Tanda por bolsa de cemento</b>
<b>Cemento Tipo Ico</b>	352	0.1117	352	352	42.50	8.28 bls	1 bls
<b>Agua (Potable o Similar)</b>	204	0.2042	208	208	24.65	207.7 lts	24.65 lts
<b>Arena Zarandeada</b>	860	0.3188	873	873	105.38	872.6 bal.	3.6 bal
<b>Piedra Chancada HUSO 67</b>	891	0.3453	896	900	108.69	900.1 bal.	4.0 bal.
<b>Ceniza de Briqueta</b>	0.00	-	-	-	-	-	-
<b>Aire Atrapado</b>	-	2.00%	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	2307	1.0000	2329	2332	281.2121	-	-

*Nota.* La bolsa de cemento Tipo Ico es equivalente a 42.5 kg. La capacidad de medida de los agregados está determinada por baldes de 18 litros. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

**Tabla 24.** *Diseño de mezcla para hormigón con 3% de ceniza de briqueta añadida*

<b>Material</b>	<b>P. Seco (kg/m3)</b>	<b>Vol. (m3)</b>	<b>P. Húmedo (kg/m3)</b>	<b>P. SSS (kg/m3)</b>	<b>Tanda Prueba (kg)</b>	<b>Tanda por m3</b>	<b>Tanda por bolsa de cemento</b>
<b>Cemento Tipo Ico</b>	341	0.1083	341	341	41.23	8.03 bls	0.97 bls
<b>Agua (Potable o Similar)</b>	204	0.2042	208	208	24.65	207.7 lts	24.65 lts
<b>Arena Zarandeada</b>	860	0.3188	873	873	105.38	872.6 bal	3.6 bal.
<b>Piedra Chancada HUSO 67</b>	891	0.3453	869	900	108.69	900.1 bal	4.0 bal.
<b>Ceniza de Briqueta</b>	11	0.0033	11	11	1.28	10.6 kg.	1275.1 gr
<b>Aire Atrapado</b>	-	2.00%	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	2307	1.000	2329	2332	281.212	-	-

*Nota.* La bolsa de cemento Tipo Ico es equivalente a 42.5 kg. La capacidad de medida de los agregados está determinada por baldes de 18 litros. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

**Tabla 25.** *Diseño de mezcla para hormigón con 6% de ceniza de briqueta añadida*

<b>Material</b>	<b>P. Seco (kg/m3)</b>	<b>Vol. (m3)</b>	<b>P. Húmedo (kg/m3)</b>	<b>P. SSS (kg/m3)</b>	<b>Tanda Prueba (kg)</b>	<b>Tanda por m3</b>	<b>Tanda por bolsa de cemento</b>
<b>Cemento Tipo Ico</b>	333.1	0.1049	331	331	39.95	7.79 bls	0.94 bls
<b>Agua (Potable o Similar)</b>	204	0.2042	208	208	24.65	207.7 lts	24.65 lts
<b>Arena Zarandeada</b>	860	0.3188	873	873	105.36	872.6 bal.	3.6 bal.
<b>Piedra Chancada HUSO 67</b>	891	0.3453	896	900	108.69	900.1 bal	4.0 bal.
<b>Ceniza de Briqueta</b>	21	0.0067	21	21	2.55	21.1 kg.	2550.2 gr.
<b>Aire Atrapado</b>	-	2.00%	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	2307	1.0000	2329	2332	281.212	-	-

*Nota.* La bolsa de cemento Tipo Ico es equivalente a 42.5 kg. La capacidad de medida de los agregados está determinada por baldes de 18 litros. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

**Tabla 26.** *Diseño de mezcla para hormigón con 10% de ceniza de briqueta añadida*

<b>Material</b>	<b>P. Seco (kg/m3)</b>	<b>Vol. (m3)</b>	<b>P. Húmedo (kg/m3)</b>	<b>P. SSS (kg/m3)</b>	<b>Tanda Prueba (kg)</b>	<b>Tanda por m3</b>	<b>Tanda por bolsa de cemento</b>
<b>Cemento Tipo Ico</b>	317	0.1005	317	317	38.25	7.45 bls	0.90 bls
<b>Agua (Potable o Similar)</b>	204	0.2042	208	208	24.65	207.7 lts.	24.65 lts
<b>Arena Zarandeada</b>	860	0.3188	873	873	105.36	872.6 bal.	3.6 bal.
<b>Piedra Chancada HUSO 67</b>	891	0.3453	896	900	108.69	900.1 bal.	4.0 bal
<b>Ceniza de Briqueta</b>	35	0.0112	35	35	4.25	32.5 kg.	4250.4 gr.
<b>Aire Atrapado</b>	-	2.00 %	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	2307	1.0000	2329	2332	281.212	-	-

*Nota.* La bolsa de cemento Tipo Ico es equivalente a 42.5 kg. La capacidad de medida de los agregados está determinada por baldes de 18 litros. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

Para el OE. 3; “Evaluar la resistencia a la compresión de los diseños de mezclas para el hormigón  $f'c= 210\text{kg/cm}^2$  sin y con sustitución de ceniza de briqueta de carbón mineral al 3%, 6% y 10% en la ciudad de Trujillo, 2023”. Se realizaron 36 ensayos de resistencia a la compresión en probetas de hormigón elaborados con distintos diseños de mezclas, los cuales contiene 3%, 6% y 10% de ceniza de briquetas de carbón mineral como sustituto del cemento y a su vez se realizaron ensayos a 7, 14 y 28 días de curado (NTP 339.034).

**Tabla 27.** Resistencia a la carga máxima de testigos de hormigón a 7 días de curado.

% añadido de CBCM	N° Probeta	Diámetro Promedio	Área	Carga Max.	f'c a la compresión	f'c promedio
		cm	cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0%	P0-1	10.1	80.1	12840	160.26	
	P0-2	10.2	81.7	13800	168.88	165.36
	P0-3	10.2	81.7	13640	166.93	
3%	P3-1	10.3	83.3	15380	184.58	
	P3-2	10.2	81.7	15210	186.14	184.07
	P3-3	10.2	81.7	14830	181.49	
6%	P6-1	10.4	84.9	14240	167.63	
	P6-2	10.4	84.9	14470	170.34	167.55
	P6-3	10.4	84.9	13990	164.69	
10%	P10-1	10.4	84.9	12900	151.86	
	P10-2	10.2	81.7	13970	170.96	160.11
	P10-3	10.2	81.7	12870	157.5	

*Nota.* La siguiente tabla muestra los resultados encontrados en las pruebas de resistencia a la carga máxima que se realizaron a los testigos de hormigón con 7 días de curado, en donde se identifica que el % de sustitución del cemento por ceniza de briqueta de carbón mineral que obtiene mejores resultados en comparación con el espécimen patrón es el de 3%, mientras que el que obtiene la resistencia más baja es el de 10%. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

**Tabla 28.** Resistencia a la carga máxima de testigos de hormigón a 14 días de curado.

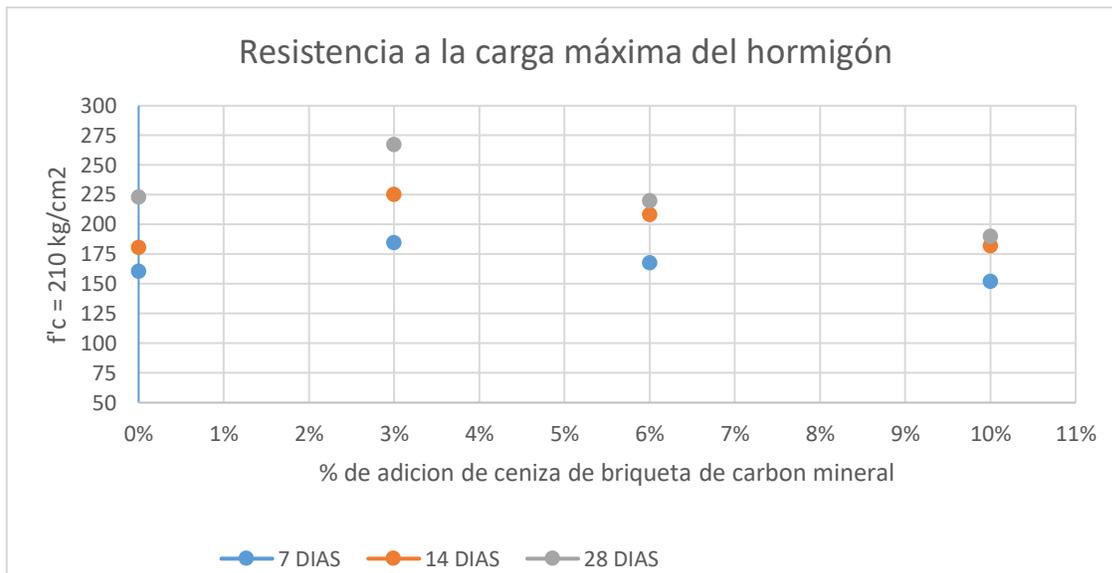
% añadido de CBCM	N° Probeta	Diámetro Promedio	Área	Carga	f'c a la compresión	f'c promedio
		cm	cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0%	P0-1	10.3	83.3	15060	180.74	
	P0-2	10.2	81.7	15470	189.32	184.68
	P0-3	10.3	83.3	15330	183.98	
3%	P3-1	10.2	81.7	18400	225.18	
	P3-2	10.2	81.7	17960	219.8	220.85
	P3-3	10.2	81.7	17780	217.59	
6%	P6-1	10.3	83.3	17340	208.11	
	P6-2	10.3	83.3	16880	202.59	205.35
	P6-3	10.3	83.3	17110	205.35	
10%	P10-1	10.1	80.1	14580	181.98	
	P10-2	10.2	81.7	15160	185.53	181.15
	P10-3	10.3	83.3	14660	175.94	

*Nota.* La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la carga máxima que se realizaron a las probetas de hormigón con 14 días de curado, en donde se puede identificar que el % de sustitución del cemento por ceniza de briqueta de carbón mineral que obtiene mejores resultados en comparación con el espécimen patrón es el de 3%, mientras que el que obtiene la resistencia más baja es el de 10%. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

**Tabla 29.** Resistencia a la carga máxima de especímenes hormigón a 28 días de curado.

% añadido de CBCM	N° Probeta	Diámetro Promedio	Área	Carga	f'c a la compresión	f'c promedio
		cm	cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0%	P0-1	10.2	81.7	18220	222.98	
	P0-2	10.2	81.7	18010	220.41	221.41
	P0-3	10.3	83.3	18400	220.83	
3%	P3-1	10.2	81.7	21830	267.16	
	P3-2	10.2	81.7	21120	258.47	260.67
	P3-3	10.2	81.7	20950	256.39	
6%	P6-1	10.3	83.3	18310	219.75	
	P6-2	10.3	83.3	17950	215.43	218.55
	P6-3	10.3	83.3	18370	220.47	
10%	P10-1	10.1	80.1	15230	190.09	
	P10-2	10	78.5	15160	193.02	192.63
	P10-3	10.3	83.3	16230	194.78	

*Nota.* La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la carga máxima que se realizaron a las probetas de hormigón con 28 días de curado, en donde se puede identificar que el % de sustitución del cemento por ceniza de briqueta de carbón mineral que obtiene mejores resultados en comparación con el espécimen patrón es el de 3%, mientras que el que obtiene la resistencia más baja es el de 10%. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.



**Figura 4.** Resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón. El gráfico muestra los resultados de la resistencia a la carga máxima del hormigón con remplazo del cemento por cenizas de briqueta de carbón mineral al 3%, 6% y 10%, con un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días. Elaboración a partir del informe técnico emitido por el laboratorio CORPORACIÓN A&J.

#### Prueba de hipótesis para las probetas de hormigón a 7 días de curado.

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** La ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento no influye positivamente en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en probetas ensayadas a los 7 días de curado.

**Hipótesis Alternativa (H<sub>A</sub>):** La ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento sí influye positivamente en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en probetas ensayadas a los 7 días de curado.

**Tabla 30.** *Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 7 día.*

Descripción	media	D.S.	Varianza	95% de confiabilidad		mínimo	máximo
				límite superior	límite inferior		
Probeta con 0% de ceniza añadida	166.93	4.52	20.43	164.97	162.22	166.93	160.26
Probeta con 3% de ceniza añadida	184.07	2.37	5.60	182.62	183.45	184.58	181.49
Probeta con 6% de ceniza añadida	167.55	2.83	7.99	165.67	172.30	167.63	170.34
Probeta con 10% de ceniza añadida	160.11	9.81	96.30	155.54	153.82	157.50	151.86

*Nota.* La siguiente tabla muestra el análisis descriptivo de los resultados de resistencia a la carga máxima de probetas de hormigón con ceniza de briqueta de carbón mineral añadido como sustituto del cemento al 3%, 6% y 10% con un tiempo de curado de 7 días.

**Tabla 31.** Prueba de normalidad estadístico Shapiro – Wilk para los especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 7 días.

<b>Shapiro - Wilk</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Estadístico</b>	<b>N° Probetas</b>	<b>Significancia</b>	<b>Análisis</b>
Probeta con 0% de ceniza añadida	0.909	3.00	0.415	Distribución Normal
Probeta con 3% de ceniza añadida	0.965	3.00	0.641	Distribución Normal
Probeta con 6% de ceniza añadida	0.999	3.00	0.955	Distribución Normal
Probeta con 10% de ceniza añadida	0.841	3.00	0.216	Distribución Normal

*Nota.* En la siguiente tabla se observa que los valores de significancia son mayores a 0.05 ( $p > 0.05$ ), esto quiere decir que los especímenes de hormigón presentan una distribución normal, y por lo tanto la hipótesis es paramétrica.

**Tabla 32.** Prueba Estadística ANOVA para especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 7 días.

Descripción	Suma cuadrática	Media Cuadrática	F	Significancia
De acuerdo a la media	963.803	321.268	9.861	0.0046

*Nota.* En la siguiente tabla se observa un valor de significancia  $P < 0.05$ , esto quiere decir que se acepta la hipótesis alterna HA.

Los resultados obtenidos muestran un valor de significancia menor a 0.05, por lo tanto, se descarta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna (HA), la cual afirma que la ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento sí influye positivamente en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en los testigos ensayados a los 7 días de curado.

### Prueba de hipótesis para las probetas de hormigón con curado de 14 días.

**Tabla 33.** *Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 14 días.*

Descripción	media	D.S.	Varianza	95% de confiabilidad		mínimo	máximo
				límite superior	límite inferior		
Probeta con 0% de ceniza añadida	184.68	4.33	18.77	182.02	182.70	183.98	180.74
Probeta con 3% de ceniza añadida	220.85	3.91	15.25	217.83	227.14	219.79	225.18
Probeta con 6% de ceniza añadida	205.35	2.76	7.62	203.39	210.07	205.35	208.11
Probeta con 10% de ceniza añadida	181.15	4.85	23.51	183.57	183.94	185.53	181.98

*Nota.* Esta tabla muestra el análisis descriptivo de los resultados de resistencia a la carga máxima de los testigos de hormigón con ceniza de briqueta de carbón mineral añadido como sustituto del cemento al 3%, 6% y 10% con un tiempo de curado de 14 días.

**Tabla 34.** Prueba de normalidad estadístico Shapiro – Wilk para especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 14 días.

<b>Shapiro - Wilk</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Estadístico</b>	<b>N° Probetas</b>	<b>Significancia</b>	<b>Análisis</b>
Probeta con 0% de ceniza añadida	0.980	3.00	0.490	Distribución Normal
Probeta con 3% de ceniza añadida	0.778	3.00	0.063	Distribución Normal
Probeta con 6% de ceniza añadida	1.000	3.00	1.000	Distribución Normal
Probeta con 10% de ceniza añadida	0.978	3.00	0.716	Distribución Normal

*Nota.* En la siguiente tabla se visualiza que los valores de significancia son mayores a 0.05 ( $p > 0.05$ ), esto quiere decir que los especímenes de hormigón presentan una distribución normal, y por lo tanto la hipótesis es paramétrica.

**Tabla 35.** Prueba Estadística ANOVA para especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 14 días

<b>Descripción</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media Cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
De acuerdo a la media	3112.926	1037.642	63.71	0.000

*Nota.* En la siguiente tabla se observa un valor de significancia  $P < 0.05$ , esto quiere decir que se acepta la hipótesis alterna  $H_A$ .

Los resultados obtenidos muestran un valor de significancia menor a 0.05, por lo tanto, se descarta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_A$ ), la cual afirma que la ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento sí influye positivamente en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  en testigos ensayados a los 14 días de curado.

**Prueba de hipótesis para los especímenes de hormigón a 28 días de curado.**

**Tabla 36.** *Análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 28 días.*

Descripción	media	D.S.	Varianza	95% intervalo de confianza		mínimo	máximo
				límite superior	límite inferior		
Probeta con 0% de ceniza añadida	220.83	1.38	1.90	218.87	224.94	220.83	222.98
Probeta con 3% de ceniza añadida	260.67	5.71	32.64	265.20	258.35	267	256
Probeta con 6% de ceniza añadida	218.55	2.73	7.43	217.79	217.39	220	215
Probeta con 10% de ceniza añadida	192.63	2.37	5.61	192.82	192.05	195	190

Nota. Esta tabla muestra el análisis descriptivo de los resultados de resistencia a la carga máxima de especímenes de hormigón con ceniza de briqueta de carbón mineral añadido como sustituto del cemento al 3%, 6% y 10% con un tiempo de curado de 28 días.

**Tabla 37.** Prueba de normalidad estadístico Shapiro – Wilk para los especímenes de hormigón con un tiempo de curado de 28 días.

<b>Shapiro - Wilk</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Estadístico</b>	<b>N° Probetas</b>	<b>Significancia</b>	<b>Análisis</b>
Probeta con 0% de ceniza añadida	0.869	3.00	0.292	Distribución Normal
Probeta con 3% de ceniza añadida	0.888	3.00	0.350	Distribución Normal
Probeta con 6% de ceniza añadida	0.855	3.00	0.253	Distribución Normal
Probeta con 10% de ceniza añadida	0.98	3.00	0.727	Distribución Normal

*Nota.* En la siguiente tabla se visualiza que los valores de significancia son mayores a 0.05 ( $p > 0.05$ ), esto quiere decir que los especímenes de hormigón presentan una distribución normal, y por lo tanto la hipótesis es paramétrica.

**Tabla 38.** Prueba Estadística ANOVA para especímenes de hormigón con 28 días de curado.

Descripción	Suma de cuadrados	Media Cuadrática	F	Significancia
De acuerdo a la media	7090.684	2363.561	198.68	0.000

*Nota.* En la siguiente tabla se observa un valor de significancia  $P < 0.05$ , esto quiere decir que se acepta la hipótesis alterna HA.

Los resultados obtenidos muestran un valor de significancia menor a 0.05, por lo tanto, se descarta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna (HA), la cual afirma que la ceniza de briqueta de carbón mineral añadido al 3%, 6% y 10% como sustituto del cemento sí influye positivamente en la resistencia a la carga máxima del hormigón  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en probetas ensayadas a los 28 días de curado.

## V. DISCUSIÓN

Para el OE. 1, con respecto a la caracterización de materiales se obtuvo que en la granulometría del A.F y A.G se obtuvo un que ambos cumplen con los estándares establecidos por la ASTM. Con respecto al contenido de humedad se obtuvo como resultado 1.47% para el A.F y 0.66% para el A.G. De acuerdo al P.U.S. de A.F se obtuvo 1613kg/m<sup>3</sup> y para el A.G. se obtuvo 1467kg/m<sup>3</sup>. Para el P.U.C. del A.F. se obtuvo como resultado 1793kg/m<sup>3</sup> y para el A.G. 1600kg/m<sup>3</sup>. Los resultados del Pe. y el %de ABS. del A.F. fueron: 2.698g/cm<sup>3</sup> y 1.46% respectivamente, y para el A.G. fueron: 2.579g/cm<sup>3</sup> y 1.07% respectivamente.

Con respecto a los resultados obtenidos, en comparación con García y Sobrados (2022), en su caracterización de materiales en la granulometría del A.F y A.G se obtuvo un que ambos cumplen con los estándares establecidos por la ASTM. Con respecto al contenido de humedad se obtuvo como resultado 0.7% para el A.F y 0.6% para el A.G. De acuerdo al P.U.S. de A.F se obtuvo 1597kg/m<sup>3</sup> y para el A.G. se obtuvo 1420/m<sup>3</sup>. Para el P.U.C de A.F. se obtuvo como resultado 1743kg/m<sup>3</sup> y para el A.G. 1582kg/m<sup>3</sup>. Los resultados del Pe. y el % ABS. del A.F. fueron: 2.66g/cm<sup>3</sup> y 1.20% respectivamente, y para el A.G. fueron: 2.73g/cm<sup>3</sup> y 1.10% respectivamente.

Para el OE.2, se obtuvo un diseño de mezcla conformado por, 24.65 litros de agua potable o similar, 105.36 kg de agregado fino y 108.69 kg de agredo grueso, mientras que para el cemento y la ceniza de briqueta de carbón mineral las proporciones en el diseño de mezclan varían según el porcentaje de ceniza añadida, teniendo cantidades de 42.5 kg de cemento para porcentajes de 0% de ceniza de briqueta añadida, 41.23 kg de cemento y 1.28 kg de ceniza de briqueta para porcentaje de 3% de ceniza añadida; 39.95 kg de cemento y 2.55 kg de ceniza de briqueta para porcentaje de 6% de ceniza añadida; y 38.25 kg de cemento y 4.25 kg de ceniza de briqueta para porcentaje de 10% de ceniza añadida. Cabe destacar que el peso específico de la ceniza de briqueta de carbón mineral utilizada en los diseños de mezclas es de 2.68 gr/cm<sup>3</sup> (Anexo 4).

Estos resultados comparados con los obtenidos por García y Sobrados (2022), en su tesis de investigación, muestra cantidades de 10.25 kg de cemento, 5.984 litros de agua, 22.247 kg de agregado fino, 26.737 kg de agregado grueso para 0% de polvo de carbón mineral antracita añadida. Para porcentajes de polvo de carbón añadido, las cantidades de cemento varían según la cantidad de carbón que se añade, así se obtiene que, para el 5% de polvo de carbón añadido la cantidad de cemento es de 9.738 kg y de polvo de carbón mineral antracita es de 0.513 kg; para el 10%, se obtiene 9.225 kg de cemento y 1.025 kg de polvo de carbón mineral; para 15%, se obtiene 8.713 kg de cemento y 1.538 kg de polvo de carbón mineral y para el 20% se obtiene 8.20 de cemento y 2.05 kg de cemento. Estos resultados se diseñaron a partir de polvo de carbón mineral Antracita con un peso específico de 1.67 gr/cm<sup>3</sup>, por ello las cantidades de ceniza de carbón, son mayores en comparación con las del polvo mineral, debido a que su peso específico es mayor.

Con respecto al OE.3, los resultados obtenidos en esta investigación para las pruebas de resistencia a la carga máxima realizado en testigos de hormigón con 28 días de curado y 0% de sustitución de material cementante por ceniza de briqueta de carbón mineral muestran un  $f'c$  promedio = 221.40 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia a la carga máxima obtenida en probetas con 3% de ceniza añadida como sustituto del cemento muestran un  $f'c$  promedio = 260.67 kg/cm<sup>2</sup>, para porcentaje de sustitución del 6%, se obtiene una resistencia a la carga máxima  $f'c$  promedio = 218.55 kg/cm<sup>2</sup> y para porcentaje de sustitución del 10%, se obtiene una resistencia a la carga máxima  $f'c$  promedio = 192.63 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados muestran que la resistencia a la carga máxima en probetas con porcentaje de sustitución del 3% poseen una mejor resistencia en comparación con las probetas con sustitución del 6% y 10%, a su vez, se observa que conforme el porcentaje de sustitución de ceniza de briqueta de carbón mineral por material cementante aumenta, la resistencia a la carga máxima disminuye. Por tal motivo, se afirma que el porcentaje de sustitución de ceniza de briqueta de carbón mineral más óptimo oscila entre un 1% a 6%.

Estos resultados, en comparación con el estudio realizado por Quispe (2019), muestra que los ensayos de resistencia a la carga máxima realizados en muestras de

hormigón dosificado con cemento portland IP a 28 días de curado, son mayores con respecto a las muestras elaboradas con hormigón con adiciones de ceniza de tarwi al 16%, 35% y 50%, mientras que en adiciones de 5% y 10% la carga máxima es superior a la del hormigón patrón, concluyendo que, la adición del 5% de ceniza de tarwi a la mezcla de hormigón y un óptimo control de temperatura del H<sub>2</sub>O para el curado generan hormigón con resistencia a la carga máxima mejorados en comparación con el hormigón patrón, tanto en el aspecto económico como ambiental, debido a que reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> y reutiliza un desecho generado por la combustión.

Los resultados obtenidos en la investigación de Espada y Morales (2020), muestran que, al realizar los ensayos a la carga máxima en muestras de 28 días de curados, se obtuvo una carga máxima de 290.39 kg/cm<sup>2</sup> para el hormigón convencional, mientras que para el hormigón con 15% de ceniza volante añadida al volumen del cemento, se obtuvo una resistencia a la carga máxima de 293.68 kg/cm<sup>2</sup>, observando mejorías en la resistencia a la carga máxima para las mezclas con 15% de C.V: como reemplazo del cemento, por lo tanto, se concluye que la C.V. de carbón contribuyen en la mejora de la resistencia a la carga máxima del hormigón, por ello, es recomendable diseñar mezclas con porcentaje de ceniza volante añadido ya que se obtendrá hormigón con altos índices de resistencia.

Contreras y Peña (2017), en su investigación realizada obtuvieron como resultados que, para hormigón con 28 días de curado, el hormigón patrón obtiene en promedio una carga máxima de 218 kg/cm<sup>2</sup>, y el hormigón con 1.5% de C.V.C. añadido obtiene en promedio una carga de 220 kg/cm<sup>2</sup>, el hormigón con 3% de C.V.C. añadido en la dosificación obtiene en promedio una carga de 227 kg/cm<sup>2</sup>, el hormigón con 4.5% de C.V.C. añadido obtiene en promedio una carga de 232 kg/cm<sup>2</sup> y el hormigón con 6% de ceniza volante de carbón añadido obtiene en promedio una carga máxima de 241 kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados muestra que, a los 28 días de curado, las muestras de hormigón con ceniza volante añadida obtienen mayores resistencias en comparación con el hormigón convencional, esto quiere decir que a medida que se incrementa el tiempo de curado y el porcentaje añadido se mantiene entre un 1.5% y 6% aumenta también los niveles de resistencia a la carga máxima del hormigón.

La investigación desarrollada muestra que el hormigón con porcentaje de ceniza de briqueta de carbón mineral añadido como reemplazo del cemento obtiene mejoras en la resistencia a la carga máxima, esto podría aprovecharse para elaborar un hormigón que soporten mayores cargas y sean aprovechados en la construcción de cimientos, columnas, vigas, muros portantes, losas, entre otros.

Por último, la principal limitación para el desarrollo de esta investigación fue la obtención de la ceniza de briqueta de carbón mineral, debido a dicho material es usado para la fabricación de ladrillos, lamentablemente, estas empresas no cuentan con un adecuado control de estos desechos, almacenados en lugares no apropiados, convirtiéndose en un foco altamente contaminante para el medio ambiente, dificultando su almacenamiento y transporte para realizar los ensayos correspondientes a esta investigación.

## VI. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general se determina que la ceniza de briqueta de carbón mineral influye positivamente en la resistencia a la carga máxima del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Con respecto al objetivo específico 1, se realizaron todos los ensayos de acuerdo a las normas estipuladas, las cuales como resultados se obtuvieron resultados satisfactorios, pudiéndose así trabajar con los agregados obtenidos por la cantera "EL MILAGRO"

Según al objetivo específico 2 se realizó un diseño de mezcla óptimo, bajo los lineamientos de la norma ACI 211, para un concreto patrón con 0% de porcentaje de sustitución de ceniza añadida y para concreto con porcentajes de 3%, 6% y 10% de adición de ceniza de briquetas de carbón mineral como sustituto del cemento, obteniendo mejores resultados en dosificaciones para concreto con 3% de ceniza de briquetas de carbón mineral añadidas.

Respecto al objetivo específico 3, se concluye que los ensayos de resistencia de compresión mejoran según el tiempo de curado, ya que se observa un mayor índice de resistencia a la compresión en las probetas con 28 días de curado, a su vez, las probetas con porcentaje añadido del 3% de ceniza de briquetas de carbón mineral, obtienen mejores resultados con respecto a los porcentajes de 6% y 10% de ceniza añadida.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a futuras investigaciones poder escoger 3 canteras a más para poder así hacer un cuadro comparativo y poder ver que agregado sería el más favorable para la elaboración de hormigón con diversas resistencias.

Se recomienda en investigaciones futuras realizar ensayos de resistencia a la flexión para un hormigón con 3%, 6% y 10% de ceniza añadida de briquetas de carbón mineral como sustituto del cemento para ampliar aún más los conocimientos del comportamiento de esta ceniza con las propiedades mecánicas del hormigón.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar los ensayos plasmados en esta tesis con otros tipos de cementos para observar el comportamiento de ceniza de briquetas de carbón mineral con las composiciones químicas de distintos cementos y como repercuten en la resistencia a la carga máxima del hormigón.

Se recomienda para futuras investigaciones utilizar aditivos de hormigón para porcentajes de 6% y 10% de ceniza añadida de briquetas de carbón mineral como sustituto del cemento para evaluar su comportamiento en los ensayos de resistencia a la carga máxima.

## REFERENCIAS

- Ángulo, V. (2020). *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN AL 2%, 3% Y 5% DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL MORTERO DE CEMENTO EN CAJAMARCA, 2019*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada del Norte]: Repositorio Institucional.
- Abellán, J., Torres, N., Fernández, J., Núñez, A. (2020). Ultra-high-performance concrete with local high unburned carbon fly ash. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v88n216/2346-2183-dyna-88-216-38.pdf>
- Akyuncu, V. (2018). Modeling the weight and length changes of the concrete exposed to sulfate using artificial neural network. Namik Kemal University, Department of Civil Engineering. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/rconst/v17n3/0718-915X-rconst-17-02-00337.pdf>
- Burgos, D., Angulo, D., & Mejía, R. (2012). Durabilidad de morteros adicionales con cenizas volantes de alto contenido de carbón. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 32(1), 61-70. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0255-69522012000100008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522012000100008)
- Caballero, P. (2022). *"Influencia de la sustitución parcial del cemento por ceniza de agave americano en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 20.59$  MPa, Abancay, Apurímac, 2020*. [Tesis de Titulación, Universidad Tecnológica de los Andes]: Repositorio Institucional.
- Canul, J., Moreno, E., & Mendoza, J. (2016). Fly ash effect on mechanical properties of concretes made with high absorbent crushed limestone aggregates. *ALCONPAT Journal*, 6(3), 235-247. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ralconpat/v6n3/2007-6835-ralconpat-6-03-235.pdf>
- Cañar, E. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. [Tesis de Titulación. Universidad Técnica de Ambato]: Repositorio Institucional.

Obtenido de

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%C3%B1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf>

Cárdenas Pulido, J., Lizarazo Marriaga, J., & Aperador Chaparro, W. (2016).

COMPORTAMIENTO MECANICO DE SISTEMAS CEMENTANTES TERNARIOS (CEMENTO). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 3(2), 201-216. Obtenido de

[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0255-69522016000200009&script=sci\\_abstract](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0255-69522016000200009&script=sci_abstract)

Cárdenas, J., Lizarazo, J., & Aperador, W. (2016). Mechanical performance of cementitious binary systems (Portland cement–fly ash–blast furnace slag).

*Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(1), 78-98. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0255-69522016000100011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522016000100011)

Contreras, K., & Peña, J. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla*. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]:

Repositorio Institucional. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10778>

Espada, M., & Morales, L. (2020). *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE LA CENIZA VOLANTE DE CARBÓN EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, EN MUROS PORTUARIOS, LIMA, SECTOR BALNEARIO DE ANCON, 2018*.

[Tesis de Licenciatura. Universidad Privada del Norte]. Repositorio

Institucional. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23949/Espada%20Mayra%20Mayra%20Flor%20-%20Morales%20Andrade%20Leonardo%20Jhonatan.pdf?sequence=2&isAllowed=n>

Farfán, M., & Pastor, H. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la

resistencia a la compresión del concreto. *UCV-HACER*, 7(3), 25-33. Obtenido

de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=521758012002>

- Florez, A. (2021). *Evaluación de ceniza de carbón para su incorporación en la formulación de un concreto liviano y baldosas cerámicas*. [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]: Repositorio Institucional.
- García, J., & Sobrados, K. (2022). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MEDIANTE SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR POLVO DE CARBÓN MINERAL ANTRACITA, TRUJILLO 2021*. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]: Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31890>
- Gonzales, J., & Sánchez, M. (2022). *Evaluación de los Efectos de la Ceniza de Carbón como Material Aglomerante en las Propiedades Mecánicas de Adoquines de Concreto, Pucallpa 2022*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]: Repositorio Institucional. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97108/Gonzales\\_BJG-Sanchez\\_CJM-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97108/Gonzales_BJG-Sanchez_CJM-SD.pdf?sequence=1)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572018000200007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007)
- INACAL. (2011). *Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú.
- INACAL. (2011). *NTP 400.010 AGREGADOS Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú.

- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.
- INACAL. (2013). *Norma Técnica Peruana 339.183. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. Lima, Perú.
- INACAL. (2014). *Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Perú.
- INACAL. (2015). *Norma Técnica Peruana 339.034. CONCRETO Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Lima, Perú.
- Lizarazo, J., García, F., & Higuera, C. (2015). Chemical electromutagenic activation of the cementitious properties of Fly Ash. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2), 305-314. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/rlmm/v35n2/art17.pdf>
- Mallqui, R. (2022). *Influencia en las propiedades físico mecánicas del concreto  $f'c=210\text{Kg/Cm}^2$  al sustituir cemento por ceniza de tallo de tarwi, Huaraz – 2022*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]: Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99446>
- Maradiaga, W., Wagner, A., Sette Jr., C., Alves, J., & Fernandes da Silva, M. (2017). Production of briquettes with *Jatropha curcas* shell and sugar cane bagasse. *Bosque*, 38(3), 527-533. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173154749010>
- Marcondes, G., Medeiros, H., Marques, J., & Helene, P. (2015). Carbon nanotubes in Portland cement concrete influence of dispersion on mechanical properties

- and water absorption. *Revista ALCONPAT*, 5(2), 97-114. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427641050003>
- Mariluz, M., & Ulloa, J. (2018). *USO DE LAS CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EXCEDENTES DE LA CENTRAL TERMOELÉTRICA ILO21 – MOQUEGUA COMO ADICIÓN PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN, MANEJABILIDAD Y TEMPERATURA. [Tesis de Licenciatura]*. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Santa. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3288/48966.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza, R., Gonzales J., Rodriguez, A., Valdez, P. (2015). Mechanical behavior of sustainable building materials using PET waste and industrial by-products. *Revista Técnica de la facultad de ingeniería Universidad de Zulia*. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/rtfiuz/v38n3/art08.pdf>
- Prieto, L., Montaña, A., Parra, A., & Puerto, J. (2019). Evaluación Mecánica y Ambiental del Uso de Ceniza Volante con Activación Alcalina como Alternativa de Reemplazo Total del Cemento en la Elaboración de Tabletas Prefabricadas. *Información tecnológica*, 30(3), 67-82. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n3/0718-0764-infotec-30-03-00067.pdf>
- Quispe, E. (2019). *Adición de ceniza de tarwi en la producción de concreto con f'c 210 kg/cm2*. [Tesis de Titulación. Universidad Peruana Unión]: Repositorio Institucional.
- Redón, M., Martínez, M., Martínez, R., & Pérez, J. (2019). Durabilidad de mezclas de concreto con diferentes contenidos de ceniza volante. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 9(2), 200-214. doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.313>
- Ríos, N., & Neyra, A. (2020). *Influencia de las Cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco, La Libertad, 2020*. [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo]: Repositorio Institucional .
- Servicio Geológico Mexicano. (2020). *gob.mx*. Obtenido de ¿Qué es el carbón Mineral?: <https://www.gob.mx/uploads/file>

- Uygunoğlu, T. (2016). Comparison of properties of prefabricated interlocking pavement blocks cured at different conditions. Afyon Kocatepe University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/rconst/v15n2/art13.pdf>
- Valencia, W., Robayo, R., & Mejía, R. (2021). Engineering properties of alkali-activated hybrid concretes based on fly ash high contents: an analysis at long ages. *Revista UIS ingenierías*, 20(3), 1-18.
- Vásquez D., Mejía, J., Mejía, R. (2015). Mechanical and thermal performance of a geopolymeric and hybrid material based on fly ash. Artículo de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v83n195/v83n195a27.pdf>  
doi:<https://doi.org/10.18273/revuin.v20n3-2021001>
- Ventura, E. (2018). *Resistencia del concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup> con cenizas de carbon vegetal*. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]: Repositorio Institucional].
- Yapachura, R. (2019). *“INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLANTE EN EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN PARA LOSAS DE CONCRETO DE  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> UTILIZANDO AGREGADO DE LA CANTERA ARUNTA – TACNA*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada de Tacna]: Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/812>

## ANEXOS

### Anexo 1: Ficha técnica del cemento Portlan tipo Ico



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 8000



G-CC-F-04  
Versión 03

**CEMENTO EXTRAFORTE**  
**Cemento Portland Compuesto Tipo ICo**  
Conforme a la NTP 334.090  
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	5	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	5440	NO ESPECÍFICA
Retenido M325	%	3.6	NO ESPECÍFICA
Densidad	g/mL	2.96	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	20.2 (206)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	25.9 (264)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	32.9 (335)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	124	Mínimo 45
Fraguado Final	min	254	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.

**Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas**  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

*Nota: El cemento utilizado en esta investigación fue Mochica Tipo Ico, cemento que pertenece a la marca Cementos Pacasmayo S.A.A.*

## Anexo 2: Resultados de ensayos de Laboratorio para el Agregado Fino

**CORPORACIÓN A&J**  
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO**

TESIS: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023

UBICACIÓN: CANTERA EL MILAGRO, TRUJILLO- LA LIBERTAD

SOLICITANTE: LUIS JHAIR PLASENCIA VERÁSTEGUI

TIPO MATERIAL: AGREGADOS PARA USO EN MEZCLAS DE CONCRETO

---

**AGREGADO FINO**

Contenido de humedad:  %

Peso natural de la muestra (gr):

Peso de la muestra seca (gr):

Peso específico:  g/cm<sup>3</sup>      Absorción (%):

Peso de la fiola + agua + muestra (gr):

Peso de la fiola + agua (gr):

Peso de la muestra s.s.s. (gr):

Peso de la muestra seca (gr):

Peso unitario suelto:  kg/m<sup>3</sup>

	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m <sup>3</sup> )	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.079	12.079	12.079
Peso del agregado + tara (kg)	23.41	23.28	23.33
Peso unitario bruto (kg/m <sup>3</sup> )	1,622	1,605	1,612

Peso unitario compactado:  kg/m<sup>3</sup>

	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m <sup>3</sup> )	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.079	12.079	12.079
Peso del agregado + tara (kg)	24.63	24.57	24.60
Peso unitario bruto (kg/m <sup>3</sup> )	1,797	1,789	1,793

Modulo de finura:

  
**EDWIN VASQUEZ HURTADO**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 306714



---

 990859993 / 971318314     
  Av. Salvador Lara N° 1331 – Los Jardines     
  corporación.aj.sac@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría.

**ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO EN SECO**

TESIS: **INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FC=210 KG/CM<sup>2</sup> EN TRUJILLO 2023**

UBICACIÓN: **CANTERA EL MILAGRO, TRUJILLO- LA LIBERTAD**

SOLICITANTE: **LUIS JHAIR PLACENCIA VERÁSTEGUI**

PROFUNDIDAD: **MUESTRA 01** TIPO MATERIAL: **ARENA GRUESA**

		Tamiz US	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz + material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA		
TAMIZADO USANDO EL S.T.M.	PIEDRA O CANTOS	4								
		3								
	GRAVA	2 1/2								
		2								
		1 1/2								
TAMIZADO CON FRACCIÓN MENOR O P.M.M.	GRUESA	3/4								
		1/2								
	FINA	3/8	520.10	520.10	0.00	0.00	0.00	100.00		
		1/4								
	ARENA	GRUESA	Nº 4	482.50	533.10	40.60	4.01	4.01	95.99	
			Nº 8	452.00	595.60	143.60	14.19	18.20	81.80	
		MEDIA	Nº 10							
			Nº 16	395.90	535.70	139.80	13.81	32.01	67.99	
		FINA	Nº 30	376.90	549.50	170.60	16.85	48.86	51.14	
			Nº 40							
Nº 50			343.90	578.30	234.40	23.16	72.01	27.99		
Nº 60										
Nº 80										
Nº 100	321.60		558.80	237.20	23.43	95.45	4.55			
RESIDUO FINO	Nº 140									
	Nº 200	312.50	353.60	41.10	4.06	99.51	0.49			
RESIDUO FINO	P Nº 200	348.6	353.60	5.00	0.49	100.00	0.00			
					1012.30	100.00				

PESO TOTAL DE LA MUESTRA: MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR 1012.3 gr. MATERIAL PERDIDO EN LAVADO 0 gr.

CLASIFICACIÓN DE SUELO: SEGÚN AASHTO A-1-B, SEGÚN SUCS SP

COEFICIENTES DE SUELO: D<sub>60</sub> = 0.85, D<sub>30</sub> = 0.33, D<sub>10</sub> = 0.18, C<sub>u</sub> = 4.648, C<sub>c</sub> = 0.790

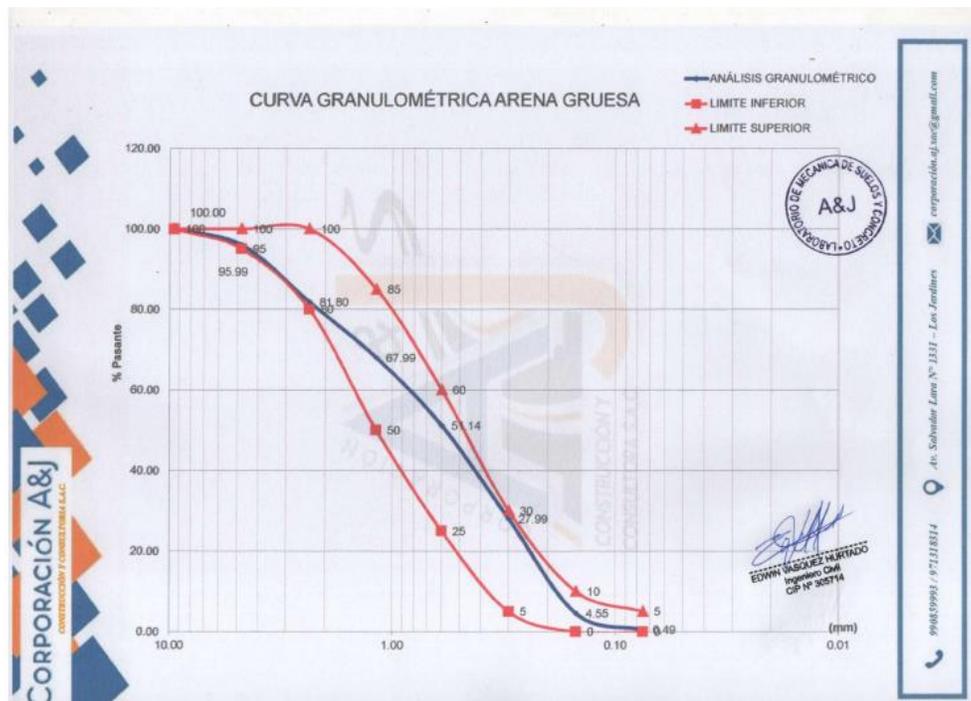
Calculo de M.F.: M<sub>F</sub> = 2.71

VÍA SECA  POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y A&J  
EDWIN VÁSQUEZ HURTADO  
Ingeniero Civil  
CIP N° 305714

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría.



Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría.

### Anexo 3: Ensayos de Laboratorio Agregado Grueso

**CORPORACIÓN A&J**  
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO**

TESIS: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023

UBICACIÓN: CANTERA EL MILAGRO, TRUJILLO- LA LIBERTAD

SOLICITANTE: LUIS JHAIR PLASENCIA VERÁSTEGUI

TIPO MATERIAL: AGREGADOS PARA USO EN MEZCLAS DE CONCRETO

**AGREGADO GRUESO**

Contenido de humedad: 0.66 %

Peso natural de la muestra (gr): 1,076.2

Peso de la muestra seca (gr): 1,069.1

Peso específico: 2.579 gr/cm<sup>3</sup>      Absorción (%): 1.07

Peso de la muestra s.s.s. (gr): 903.4

Peso de la muestra seca (gr): 893.8

Peso de la muestra sumergida (gr): 556.8

Peso unitario suelto: 1,467 kg/m<sup>3</sup>

	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m <sup>3</sup> )	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.079	12.079	12.079
Peso del agregado + tara (kg)	22.354	22.294	22.318
Peso unitario bruto (kg/m <sup>3</sup> )	1,472	1,463	1,466

Peso unitario compactado: 1,600 kg/m<sup>3</sup>

	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m <sup>3</sup> )	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.079	12.079	12.079
Peso del agregado + tara (kg)	23.243	23.238	23.264
Peso unitario bruto (kg/m <sup>3</sup> )	1,599	1,598	1,602

Módulo de finura: 6.40


  
**EDWIN VÁSQUEZ HURTADO**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 305714

990859993 / 971318314      Av. Salvador Lara N° 1331 - Los Jardines      corporación.aj.sac@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría

**ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO EN SECO**

PROYECTO: **INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023**

UBICACIÓN: **CANTERA EL MILAGRO, TRUJILLO- LA LIBERTAD**

SOLICITANTE: **LUIS JHAIR PLASENCIA VERÁSTEGUI**

PROFUNDIDAD: **MUESTRA 01** TIPO MATERIAL: **GRAVA**

		Tamiz US	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA		
TAMIZADO USANDO EL P.T.M.	PIEDRA O CANTOS	4								
		3								
	GRAVA	GRUESA	2 1/2							
			2	530.50	530.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
			1 1/2	562.40	562.40	0.00	0.00	0.00	100.00	
			1	527.80	527.80	0.00	0.00	0.00	100.00	
		FINA	3/4	527.20	679.80	152.60	6.67	6.67	93.33	
			1/2	517.30	1658.70	1141.40	49.89	56.56	43.44	
			3/8	520.40	992.60	472.20	20.54	77.20	22.80	
			1/4							
TAMIZADO CON FRACCIÓN MENOR Q' P.T.M.	ARENA	MEDIA	Nº 4	492.50	997.50	505.00	22.07	99.28	0.72	
			Nº 8							
			Nº 10							
			Nº 16							
			Nº 30							
	FINA	Nº 40								
		Nº 50								
		Nº 60								
		Nº 80								
		Nº 100								
SUELO	Nº 140									
	Nº 200	312.60	328.40	15.80	0.69	99.97	0.03			
SUELO RETENIDO N		P Nº 200	348.8	349.50	0.70	0.03	100.00	0.00		
					2287.70	100.00				



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**A&J**

<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>	
MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR	2289.9 gr.
MATERIAL PERDIDO EN LAVADO	0 gr.
<b>CLASIFICACIÓN DE SUELO</b>	
SEGÚN AASHTO	A-1-a
SEGÚN SUCS	GP
<b>COEFICIENTES DE SUELO</b>	
D <sub>60</sub> =	10.53
D <sub>30</sub> =	10.13
D <sub>10</sub> =	7.6
Cu =	1.04
Cc =	1.38
<b>MF=</b>	<b>6.40</b>

VÍA SECA  POR LAVADO

CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA  
LA MUESTRA PRESENTA UNA GRADACIÓN CORRECTA, CORRESPONDIENTE AL HUSO GRANULOMÉTRICO 56



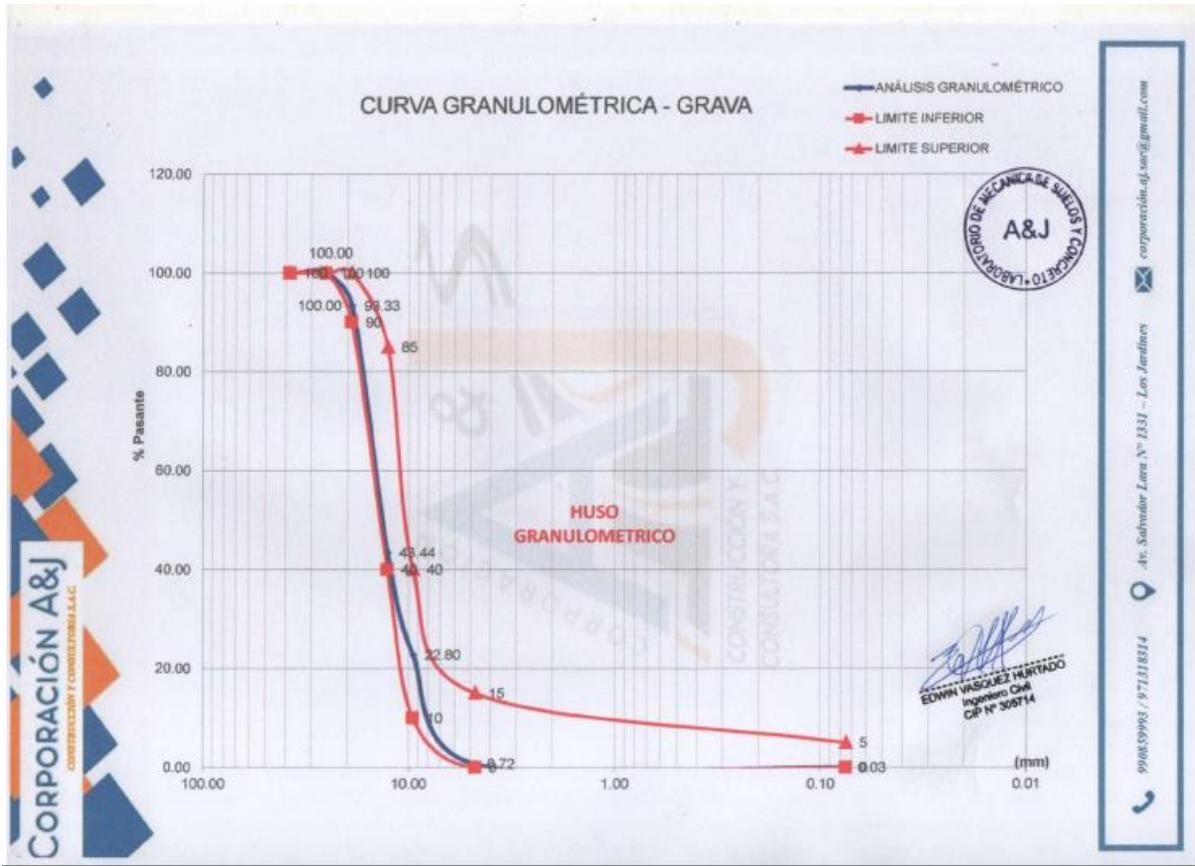
**EDWYN VASQUEZ HURTADO**  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 305714

990859903 / 971318314

Av. Salvador Lora N° 1331 - Los Jardines

corporación.a.j.seg@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría



Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría

## Anexo 4: Propiedades de los Materiales



**Fecha:** Abr-23

Propiedades Físicas de los Materiales							
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	PROCEDECIA
Cemento Tipo Ico Mochica	3150						Fabricante: PACASMAYO
Ceniza de briqueta de carbón							Fabricante: No específica
Aditivo							Fabricante: No requiere
Agua	1000						Proveedor: Red Pública
Agregado Fino - El Milagro	2698	1.46	1.47	2.71	4.75	1793	Cantera: EL MILAGRO
Agregado Grueso - El Milagro	2579	1.07	0.66	6.4	3/4	1600	Cantera: EL MILAGRO



EDWIN MÁRQUEZ HURTADO  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 30674

CORPORACIÓN A&J

CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.S

Av. Salvador Lora N° 1331 - Los Jardines

990859993 / 971218214

[corp@corpoaandj.com](mailto:corp@corpoaandj.com)

*Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría*

**Anexo 5:** Diseños de Mezcla para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 10% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento

*Diseños de Mezcla para porcentajes de 0% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento*



**CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES**

PROYECTO: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210  
 KG/CM2 EN TRIJULIO 2023  
 FECHA: Abr-23 SOLICITANTE: LUIS JHAR PLASENZA VERASTEGUIA

Consideraciones - Requisitos del Concreto												Requisitos Normativos		
F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Desvío R (kg/cm <sup>2</sup> )	Fcr Cemento ACI 318	Fcr (kg/cm <sup>2</sup> )	Agua (litro)	Relación w/c	Cemento (Kg)	Modulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (cm)	Slump min. LAB (cm)	Agua (litro)	Reducción de agua (litro)	Reducción de agua (%)
C210	25	Tabla 5.3.2.1	235	204	0.58	352	4.63	0.520	0.480	AA	4	204	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS		W/c DISEÑO	4.60	(Definido luego las pruebas de laboratorio)
		EVALUACIÓN W/c	Cambios	

Distribución del Concreto						Conversiones Por Peso Unidades C.F.								
Materiales	%	Peso Saco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso S&S (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda (kg)	Peso Saco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso S&S (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )				
Cemento Tipo I o II	1	352		352		42.58								
Ceniza de briqueta de carbón	0													
Material Cementante		352	0.1117	352	383	42.99								
Agua		204	0.2040	204	208	24.65								
Agregado Fino - Agregado Fino		887	0.3488	873	873	103.38								
Cenizas El Milagro		891	0.3455	896	900	103.66								
Agregado Grueso - Agregado Grueso - Cenizas El Milagro	9.600%													
Aire Atrapado	2.80%		0.0206											
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>2397</b>	<b>1.8806</b>	<b>2325</b>	<b>2332</b>	<b>281.242</b>								

TANDA POR M3	
Cemento	8.28 sacos
Arena	972.6 baldes
Grava	350.1 baldes
Agua	207.7 lt
Cenizas	0.0 kg

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento	1.00 bolsa
Arena	3.6 baldes
Grava	4.0 baldes
Agua	24.65 lt
Cenizas	0.0 gr.



**EDWIN VASQUEZ HURTADO**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 305714

CORPORACIÓN A&J construcción y consultoría S.R.L.

99080998 / 971318214  
 Av. Salvador Lora N° 1337 - Los Jardines  
 corporaciona@unigmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría

Diseños de Mezcla para porcentajes de 3% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento



**CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES**

PROYECTO: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRIJULIO 2023

FECHA: Abr-23 SOLICITANTE: LUIS JHAR PLASENCIA VERASTEDA

Consideraciones - Requisitos del Concreto											
F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Clase de Estabilidad (kg/cm <sup>2</sup> )	F'cd (kg/cm <sup>2</sup> )	F'cd (kg/cm <sup>2</sup> )	Agua (kg/m <sup>3</sup> )	Relación w/c	Cemento (kg)	Modulo de Finura Global (Mg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (cm)	Slump máx. (cm)
C210	25	Tabla 5.3.2.1	235	204	0.55	352	4.63	0.520	0.480	44	4

Agua (kg/m <sup>3</sup> )	Relación w/c	Relación w/aq (kg/m <sup>3</sup> )
204	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS	
Módulo DEBIDO a	4.88 (Debido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN Módulo	Condense

TANDA POR M3	
Cemento	8.08 bultos
Arena	872.6 bultos
Grava	900.1 bultos
Agua	207.7 lt.
Ceniza	10.6 gr.

Materiales	%	Densidad del Concreto			Conversiones Por Peso Volumen C.P.					
		Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda (kg)	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso S.S. (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento Tipo Ito Ito	0.97	341		341		41.23				
Ceniza de Impacto de carbón	0.03	11		11		1.38				
Materiales Cementarios		352	0.1117	352	352	42.90				
Agua		204	0.2042	204	204	24.65				
Agregado Fino - Agregado Fino		880	0.3188	875	875	102.36				
Ceniza El Milagro		880	0.3403	888	888	109.69				
Agregado Grueso - Agregado Grueso	3.00%									
Ceniza El Milagro										
Arena	3.99%		0.0200							
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>2387</b>	<b>1.0806</b>	<b>2328</b>	<b>2328</b>	<b>281.23</b>				

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento	0.97 bultos
Arena	3.6 bultos
Grava	4.0 bultos
Agua	24.65 lt.
Ceniza	1275.1 gr.



**EDWIN VASQUEZ HURTADO**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 905714

**CORPORACIÓN A&J**  
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.

996839993 / 971318314

Av. Subhador Luna N° 1131 - Los Jardines

corporacionaaj.com@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría

Diseños de Mezcla para porcentajes de 6% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento



**CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES**

PROYECTO: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FC=210  
 FECHA: Abr-23  
 INGENIERO: LUIS JHAR PLASENCIA VERASTEGUI

Consideraciones - Requisitos del Concreto

F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	F'cd (kg/cm <sup>2</sup> )	F'cd (kg/cm <sup>2</sup> )	Agua (litro)	Relación w/c	Cemento (kg)	Módulo de Finura Grava (mm)	Incidencia Agregado Grava (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (mm)	Slump min. LAB (mm)
C210	25	Tabla 5.3.2.1	235	204	0.55	352	4.63	0.520	0.480	AA	4

Requisitos de Agregados

Agua Sol. Aditiva (litro)	Reducción de agua (litro)	Reducción de agua (%)
204	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS

Módulo de Finura Grava	4.60 (Definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN Módulo de Finura Grava	Conforme

Distribución del Concreto

Materiales	%	Distribución del Concreto		Distribución del Agregado Grava				
		Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Máximo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso BSA (kg/m <sup>3</sup> )	Tamaño 125 L	Peso BSA (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento Tipo III Mejorado	0.94	329		321		39.95		
Ceniza de Briqueta de carbón	0.06	21		21		2.55		
Materiales Cementiciales		352	0.1117	352	352	43.50		
Agua		204	0.2042	204	204	24.85		
Agregado Fino - Agregado Fino		880	0.3186	873	873	105.36		
Cemento El Milagro		880	0.3453	880	880	108.00		
Agregado Grava - Agregado Grava - Carretera El Milagro								
Agregado Grava - Agregado Grava - Carretera El Milagro								
Agua	8.00%							
Aire atrapado	2.00%							
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>2367</b>	<b>1.0000</b>	<b>2325</b>	<b>2325</b>	<b>261.71</b>		

TANDA POR M3

Cemento	7.79	bolsas
Arena	872.6	baldes
Grava	900.1	baldes
Agua	207.7	litros
Ceniza	21.1	kg

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.94	bolsas
Arena	3.6	baldes
Grava	4.0	baldes
Agua	24.85	litros
Ceniza	2590.2	gr.



  
**EDWIN VASQUEZ HURTADO**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 305714

990859993 / 971318314  
 Av. Salvador Lara N° 1331 - Los Jardines  
 corporaciona.j.sac@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría

Diseños de Mezcla para porcentajes de 10% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento



**CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES**

PROYECTO: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023

FECHA: Abr-23 SOLICITANTE: LUIS JHANI PLASENCIA VERÁSTEGUI

Consideraciones - Requisitos del CONCRETO											
F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad E Estándar (kg/cm <sup>3</sup> )	F'cr Criterio ACI 318	F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Agua a 18°	Relación w/c	Cemento (kg)	Modulo de Elasticidad (MPa)	Incidenia Agregado Grueso (%)	Incidenia Agregado Fino (%)	Slump requerido (cm)	Slump min. LAB (cm)
C210	25	Tabla 5.3.2.1	235	204	0.56	352	4.63	0.520	0.460	A4	4

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS		
3Mg DISEÑO (kg/m <sup>3</sup> )	4.60	(Definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN (Mg/m <sup>3</sup> )	Costo/m <sup>3</sup>	

TANDA POR M3		
Cemento	7.45	bolsas
Arena	872.6	baldes
Grava	900.1	baldes
Agua	207.7	lt.
Ceniza	35.2	kg

Dosificación del Concreto						Conversiones Por Peso Unitario C.P.				
Materiales	%	Peso Neto (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Mínimo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso S&S (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda	Peso Neto (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Humedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso S&S (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento Tipo 30 Macho	0.9	317		317		36.25				
Ceniza de briqueta de carbón Mineral Comestible	0.1	35		35		4.25				
Material Comestible		352	0.1117	352	352	42.50				
Agua		204	0.2542	204	204	34.60				
Agregado Fino - Agregado Fino Cartera El Mirago		860	0.3188	873	873	105.36				
Agregado Grueso - Agregado Grueso Cartera El Mirago Adfin	0.600%	881	0.3453	886	900	108.69				
Aire Atmósferico	2.30%		0.0206							
<b>Total</b>	<b>1.00</b>	<b>2387</b>	<b>1.0000</b>	<b>2329</b>	<b>2329</b>	<b>281.213</b>				

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO		
Cemento	0.90	bolsas
Arena	3.6	baldes
Grava	4.0	baldes
Agua	34.65	lt.
Ceniza	4250.4	gr.



**EDWIN VASQUEZ HURTADO**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 306714



Av. Sufrutoir Lora N° 1331 - Los Jardines  
 996859993 / 971318114  
 corporaciona.j.ve@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría.

**Anexo 6:** Ensayos de resistencia a la compresión en probetas de concreto para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 10% de ceniza de briqueta de carbón mineral como sustituto del cemento.

*Ensayo de resistencia a la compresión en probetas de concreto*

**CORPORACIÓN A&J**  
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.

**INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO - ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

PROYECTO: INFLUENCIA DE CENIZA DE BRIQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023

DEL SOLICITANTE: LABORATORIO N° 1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN LUIS JHAR PLASENCIA VERÁSTEGUI

FECHA: 25/05/2023

1) OBJETO: Determinar la resistencia a compresión de testigos cilíndricos de concreto

2) DE LA MUESTRA: Probetas cilíndricas de concreto, resistencia de f'c= 210 y adiciones de ceniza fabricadas en laboratorio como parte del proyecto de investigación. Las muestras han sido elaboradas en laboratorio por el solicitante.

3) DEL ENSAYO: De acuerdo a la norma NTP 396.034 - Metodo Normalizado para la Determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas.

4) DE LOS RESULTADOS

EDWIN VÁSQUEZ HUERTADO  
Ingeniero Civil  
CIP N° 309714

TABLA 01. Cálculo de la Resistencia a Compresión en Probetas Cilíndricas

Descripción del Elemento Estructural	Características de la probeta				Area Bruta (cm²)	Carga Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión		
	D prom. (cm.)	Fecha de confección	Fecha de rotura	Días			kg/cm2	MPa	Promedio en kg/cm2
PATRON- 01	10.10	27/04/2023	04/05/2023	7	80.1	12,840	160.26	15.72	165.36
PATRON- 02	10.20	27/04/2023	04/05/2023	7	81.7	13,800	168.88	16.57	
PATRON- 03	10.20	27/04/2023	04/05/2023	7	81.7	13,640	166.93	16.38	
AD.AL 3%-01	10.30	27/04/2023	04/05/2023	7	83.3	15,380	184.58	18.11	184.07
AD.AL 3%-02	10.20	27/04/2023	04/05/2023	7	81.7	15,210	186.14	18.26	
AD.AL 3%-03	10.20	27/04/2023	04/05/2023	7	81.7	14,830	181.49	17.80	
AD.AL 6%-01	10.40	27/04/2023	04/05/2023	7	84.9	14,240	167.63	16.44	167.55
AD.AL 6%-02	10.40	27/04/2023	04/05/2023	7	84.9	14,470	170.34	16.71	
AD.AL 6%-03	10.40	27/04/2023	04/05/2023	7	84.9	13,990	164.69	16.16	
AD.AL 10%-01	10.40	27/04/2023	04/05/2023	7	84.9	12,900	151.86	14.90	160.11
AD.AL 10%-02	10.20	27/04/2023	04/05/2023	7	81.7	13,970	170.96	16.77	
AD.AL 10%-03	10.20	27/04/2023	04/05/2023	7	81.7	12,870	157.50	15.45	
PATRON- 04	10.20	27/04/2023	11/05/2023	14	83.3	15,960	180.74	17.73	184.68
PATRON- 05	10.20	27/04/2023	11/05/2023	14	81.7	15,470	189.32	18.57	
PATRON- 06	10.30	27/04/2023	11/05/2023	14	83.3	15,330	183.98	18.05	
AD.AL 3%-04	10.20	27/04/2023	11/05/2023	14	81.7	18,400	225.18	22.09	220.85
AD.AL 3%-05	10.20	27/04/2023	11/05/2023	14	81.7	17,960	219.79	21.56	
AD.AL 3%-06	10.20	27/04/2023	11/05/2023	14	81.7	17,780	217.59	21.35	
AD.AL 6%-04	10.30	27/04/2023	11/05/2023	14	83.3	17,340	208.11	20.42	205.35
AD.AL 6%-05	10.30	27/04/2023	11/05/2023	14	83.3	16,880	202.39	19.87	
AD.AL 6%-06	10.30	27/04/2023	11/05/2023	14	83.3	17,110	205.35	20.14	
AD.AL 10%-04	10.40	27/04/2023	11/05/2023	14	80.1	14,580	181.98	17.85	181.15
AD.AL 10%-05	10.40	27/04/2023	11/05/2023	14	81.7	15,160	185.53	18.20	
AD.AL 10%-06	10.30	27/04/2023	11/05/2023	14	83.3	14,660	175.94	17.26	
PATRON- 07	10.20	27/04/2023	25/05/2023	28	81.7	18,220	222.98	21.87	221.40
PATRON- 08	10.20	27/04/2023	25/05/2023	28	81.7	18,010	220.41	21.62	
PATRON- 09	10.30	27/04/2023	25/05/2023	28	83.3	18,400	220.83	21.66	

99085993 / 971318314 Av. Salvador Lara N° 1331 - Los Jardines corporación.aj.sac@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría.

## Ensayo de resistencia a la compresión en probetas de concreto



**INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO- ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE CENIZA DE BRQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=218 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023  
**DEL :** LABORATORIO N° 1: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
**SOLICITANTE:** LUIS JHAR PLABENCIA VERÁSTEGUI  
**FECHA :** 25/06/2023 2/2

Descripción del Elemento Estructural	Características de la probeta				Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión		
	D prom. (cm.)	Fecha de confección	Fecha de rotura	Días			kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Promedio en kg/cm <sup>2</sup>
AD.AL 3%-07	10.20	27/04/2023	25/05/2023	28	81.7	21.800	267.16	26.21	160.67
AD.AL 3%-08	10.20	27/04/2023	25/05/2023	28	81.7	21.120	258.47	25.36	
AD.AL 3%-09	10.20	27/04/2023	25/05/2023	28	81.7	20.950	256.39	25.15	
AD.AL 6%-07	10.30	27/04/2023	25/05/2023	28	83.3	18.310	219.75	21.56	218.55
AD.AL 6%-08	10.30	27/04/2023	25/05/2023	28	83.3	17.950	215.43	21.13	
AD.AL 6%-09	10.30	27/04/2023	25/05/2023	28	83.3	18.370	220.47	21.63	
AD.AL 10%-07	10.10	27/04/2023	25/05/2023	28	80.1	15.230	190.09	18.63	192.63
AD.AL 10%-08	10.00	27/04/2023	25/05/2023	28	78.5	15.160	193.02	18.94	
AD.AL 10%-09	10.30	27/04/2023	25/05/2023	28	83.3	16.230	194.78	19.11	

  
**EDWIN VIQUEZ HUIZADO**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 308714

**VII) DIAGNOSTICO**

CORPORACIÓN A&J SAC, EMITE EL PRESENTE DOCUMENTO, EL CUAL EVIDENCIA LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE TESTIGOS CILINDRICOS, LOS CUALES DETERMINARON VALORES DE RESISTENCIA A DIVERSOS DIAS DE CONFECCIÓN Y CURADO, LOS CUALES COMO SE INDICA EN EL CUADRO RESULTADOS CORRESPONDEN A LA RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO DE PROBETAS CILINDRICAS (VER TABLA 01), PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON F'c 210 Y SUS REEMPLAZOS PORCENTUALES EN PESO DEL CEMENTO PARA EL PROYECTO DENOMINADO: "INFLUENCIA DE CENIZA DE BRQUETA DE CARBÓN MINERAL EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=218 KG/CM2 EN TRUJILLO 2023", EN ADICIÓN SE INDICA QUE LOS VALORES OBTENIDOS CORRESPONDEN A PROBETAS ELABORADAS EN LABORATORIO, LAS CUALES FUERON ELABORADAS CUMPLIENDO CON LA NORMATIVA VIGENTE Y FUERON CURADAS EN CONDICIONES NORMALES DE HUNEDAD (SUMERGIDAS EN AGUA)

**FUNDAMENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL CONCRETO**

DENTRO DE LA EVALUACIÓN Y EL CONTROL DE CALIDAD DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO, ES CONDICIÓN Y RECOMENDADO QUE LOS VALORES DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN SE ENCUENTREN ENTRE CIERTO RANGOS PERMISIBLES, BASADOS EN ESTADÍSTICA Y DATOS RECORRIDOS EN LA EXPERIENCIA, LOS CUALES SE EXPONEN EN LA TABLA 02.

**TABLA 02. Evolución de la Resistencia a Compresión**

EDAD (DÍAS)	Porcentaje de evolución con respecto al F'c		RANGOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
	0.7	0.85	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) =	210	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) =	280
7 DIAS	0.7	0.85	147.0	178.5	196.0	238
14 DIAS	0.85	1	178.5	210.0	238.0	280
28 DIAS	1	1.4	210.0	294.0	280.0	392

**VIII) CONCLUSIONES:**

LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL CONCRETO PATRÓN SEÑALAN UN ADECUADO DISEÑO DE MEZCLA, CUMPLIENDOSE LOS VALORES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES DE CURADO, PARA EL DISEÑO DE UN CONCRETO CON F'c=210 KG/CM2

DE LOS REEMPLAZOS CON CENIZA SE NOTO QUE AL 3% EXISTE UNA MEJORA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, EL RESTO DE ADICIONES NO APORTAN NINGÚN BENEFICIO AL CONCRETO.

 990859993 / 971318314
  Av. Salvador Lara N° 1331 - Los Jardines
  corporación.aj.sac@gmail.com

Nota. Los ensayos correspondientes para este proyecto de investigación fueron realizados en el Laboratorio CORPORACIÓN A&J Construcción y Consultoría.

Anexo 7: Panel Fotográfico

**Figura 04**

Muestra de arena condición natural para ensayo de Contenido de Humedad.



**Figura 05**

Muestra de arena en condición seca para ensayo de Granulometría.



**Figura 06**

Muestra de grava condición natural para ensayo de Contenido de Humedad.



**Figura 07**

Muestra de grava condición seca para ensayo de Granulometría.



**Figura 08**  
*Ensayo de Granulometría Agregado Grueso*



**Figura 09**  
*Ensayo de Granulometría Agregado Fino*



**Figura 10**  
*Ensayo de Peso Unitario, peso suelto del agregado grueso.*



**Figura 11**  
*Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado grueso.*



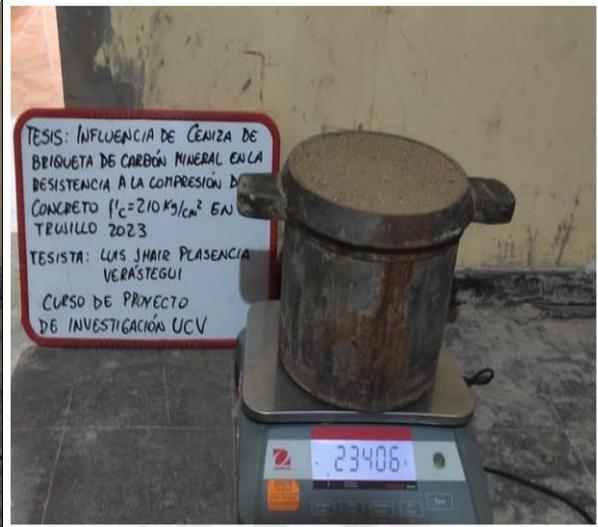
**Figura 12**

*Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado grueso.*



**Figura 13**

*Ensayo de Peso Unitario, peso suelto del agregado fino.*



**Figura 14**

*Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado fino.*



**Figura 15**

*Ensayo de Peso Unitario, peso compactado del agregado fino.*



**Figura 16**

Ensayo de Peso específico, corroboración de la condición Saturada superficialmente seca (SSS) del agregado fino.



**Figura 17**

Ensayo de Peso específico, corroboración de la condición Saturada superficialmente seca (SSS) del agregado fino.



**Figura 18**

Ensayo de Peso específico, peso del fiola agua y muestra de 500g. del agregado fino.



**Figura 19**

Ensayo de Peso específico, peso del fiola agua y muestra de 500g. del agregado fino.



**Figura 20**

*Ensayo de absorción, muestra de 903.4 gr de material saturado en agua para el agregado grueso.*



**Figura 21**

*Ensayo de Peso específico, obtención de la condición SSS mediante secado con franela para el agregado grueso.*



**Figura 22**

*Ensayo de Peso específico, muestra de 903.4 gr de material saturado superficialmente seco para el agregado grueso.*



**Figura 23**

*Aspecto de muestra en carretilla, se muestra pastosidad o trabajabilidad adecuada.*



**Figura 24**

*Ensayo de Revenimiento o Slump con cono de Abrams, se muestra Slump de 4" para concreto patrón.*



**Figura 25**

*Confección de Probetas Cilíndricas de concreto para posteriores ensayos de resistencia a compresión.*



**Figura 26**

*Ensayo de compresión. Colocación de probeta en la máquina de ensayos de compresión.*



**Figura 27**

*Resistencia del concreto patrón a 07 días de curado, probeta 01.*



**Figura 28**

*Resistencia del concreto patrón a 07 días de curado, probeta 02.*



**Figura 29**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 07 días de curado, probeta 01.*



**Figura 30**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 07 días de curado, probeta 03.*



**Figura 31**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 07 días de curado, probeta 01.*



**Figura 32**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 07 días de curado, probeta 02.*



**Figura 33**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 07 días de curado, probeta 03.*



**Figura 34**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 07 días de curado, probeta 03.*



**Figura 35**

*Resistencia del concreto patrón a 14 días de curado, probeta 01.*



**Figura 36**

*Resistencia del concreto patrón a 14 días de curado, probeta 01.*



**Figura 37**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 14 días de curado, probeta 03.*



**Figura 38**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 14 días de curado, probeta 01.*



**Figura 39**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 14 días de curado, probeta 01.*



**Figura 40**

Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 14 días de curado, probeta 01.



**Figura 41**

Resistencia del concreto patrón a 28 días de curado, probeta 02.



**Figura 42**

Resistencia del concreto patrón a 28 días de curado, probeta 03.



**Figura 43**

Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 28 días de curado, probeta 01.



**Figura 44**

Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 3%, a 28 días de curado, probeta 02.



**Figura 45**

Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 28 días de curado, probeta 01.



**Figura 46**

Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 6%, a 28 días de curado, probeta 02.



**Figura 47**

Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 28 días de curado, probeta 02.



**Figura 48**

*Resistencia del concreto, sustitución con ceniza al 10%, a 28 días de curado, probeta 03.*



**Figura 49**

*Verificación de roturas de probetas.*





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Influencia de ceniza de briqueta de carbón mineral en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en Trujillo 2023.", cuyo autor es PLASENCIA VERASTEGUI LUIS JHAIR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 04 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CASTILLO CHÁVEZ JUAN HUMBERTO <b>DNI:</b> 18102931 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4701-3074	Firmado electrónicamente por: CASTILLOCH el 12- 07-2023 15:26:12

Código documento Trilce: TRI - 0569853