

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARILLA  
DE ARROZ COMO REMPLAZO PARCIAL DEL  
CEMENTO A LA RESISTENCIA EN LA  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $f'_c = 210$   
 $\text{kg/cm}^2$ ”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Cristian Ysrael Mucha Fernandez

**Asesor:**

MBA Ing. Jose Luis Neyra Torres

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2998>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>	<b>42584435</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA</b>	<b>42584435</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ</b>	<b>42009981</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

### INFORME DE SIMILITUD

#### TESIS-CRISTIAN MUCHA-VF

##### INFORME DE ORIGINALIDAD

**11** %

INDICE DE SIMILITUD

**10** %

FUENTES DE INTERNET

**4** %

PUBLICACIONES

**5** %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

##### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>5</b> %
<b>2</b>	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	Óscar Felipe Arbeláez Perez, Vanessa Senior-Arrieta, Andrés Felipe Rúa Suárez, Jeferson Carvajal Jaramillo et al. "Influencia del polvo de vidrio en el comportamiento ambiental,	<b>&lt;1</b> %

## DEDICATORIA

“Para mi madre y mi hermana, que son la razón de mi vida, mi fuerza y mi impulso. Gracias por enseñarme el símbolo de la perseverancia, pasión por las cosas que uno hace y sacar lo bueno de toda experiencia vivida.”

## AGRADECIMIENTO

“Agradecer a Dios por haberme orientado durante este arduo pero agradable camino.”

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	15
<b>Realidad problemática</b>	<b>15</b>
Antecedentes	22
Definiciones Conceptuales	24
Bases Teóricas	26
<b>Formulación del problema</b>	<b>31</b>
<b>Objetivos</b>	<b>31</b>
Objetivo General	31
Objetivos Específicos	31
<b>Hipótesis</b>	<b>32</b>
Hipótesis General	32
Hipótesis Específicas	32
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	33
<b>Tipo de Investigación</b>	<b>33</b>
Nivel de investigación	33

Diseño de investigación	33
Unidad de estudio	34
<b>Población y Muestra</b>	<b>35</b>
Población	35
Muestra	35
<b>Técnicas, instrumentos de recolección de datos, materiales y análisis de datos</b>	<b>37</b>
Técnicas de recolección de datos	38
Instrumentos de recolección de datos	38
Materiales	42
Análisis de datos	43
<b>Procedimiento</b>	<b>43</b>
Paso N° 01: Obtención de los Materiales para la Elaboración del Concreto	46
Paso N° 02: Ensayos en el Laboratorio	48
Paso N° 03: Elaboración del Diseño de Mezcla de Concreto por el Método ACI 211.1.	98
Paso N° 04: Ensayo de Concreto Fresco	110
Paso N° 05: Realización de la Mezcla y Elaboración de Probetas	112
Paso N° 06: Tiempo de Curado	118
Paso N° 07: Ensayo de Concreto Endurecido	119
<b>Aspecto éticos</b>	<b>121</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>122</b>
Resultados del Ensayo de Granulometría	122
Resultados del Ensayo del Asentamiento Slump	124
Resultados a la Resistencia a la Comprensión del Concreto	127
Análisis Comparativo de Costos	130
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>134</b>
Limitaciones	134
Discusiones	135
Conclusiones	137
Implicancias	138
<b>REFERENCIAS</b>	<b>139</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01</b> Cifras de las Industrias Cementeras de América Latina y el Caribe	18
<b>Tabla N° 02</b> Proporciones Típicas en Volumen de los Componentes del Concreto	24
<b>Tabla N° 03</b> Número de Muestras de Probetas para Ensayo a la Comprensión	35
<b>Tabla N° 04</b> Operacionalización de Variables	36
<b>Tabla N° 05</b> Pasos para Recoger la Información	38
<b>Tabla N° 06</b> Tamices para Agregado Grueso	48
<b>Tabla N° 07</b> Tamices para Agregado Fino	49
<b>Tabla N° 08</b> Límites de Gradación del Agregado Grueso	50
<b>Tabla N° 09</b> Límites de Gradación del Agregado Fino	51
<b>Tabla N° 10</b> Granulometría del Agregado Fino	55
<b>Tabla N° 11</b> Granulometría de la Ceniza de Cascarilla de Arroz	59
<b>Tabla N° 12</b> Granulometría del Cemento	62
<b>Tabla N° 13</b> Resultados del Agregado Grueso	65
<b>Tabla N° 14</b> Resultados del Agregado Fino	67
<b>Tabla N° 15</b> Resultado del Ensayo de Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso	70
<b>Tabla N° 16</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso	73
<b>Tabla N° 17</b> Resultado del Ensayo de Peso Unitario Suelto del Agregado Fino	76
<b>Tabla N° 18</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario Compactado del Agregado Fino	80
<b>Tabla N° 19</b> Datos Recopilados del Ensayo	86
<b>Tabla N° 20</b> Resultados del Peso Específico y % de Absorción del Agregado Grueso	87
<b>Tabla N° 21</b> Datos Recopilados del Ensayo	95
<b>Tabla N° 22</b> Resultados del Peso Específico y % de Absorción del Agregado Fino	95
<b>Tabla N° 23</b> Resultados del Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz	97
<b>Tabla N° 24</b> Resistencia Promedio a la Comprensión Requerida Cuando no Existe Datos	98
<b>Tabla N° 25</b> Datos de los Materiales para el Diseño de Mezcla	99
<b>Tabla N° 26</b> Asentamiento Recomendados para Diversos tipos de Estructuras	100
<b>Tabla N° 27</b> Volumen del Agua por $\text{m}^2$	101

<b>Tabla N° 28</b> Contenido de Aire Atrapado	101
<b>Tabla N° 29</b> Relación Agua/Cemento por Resistencia	102
<b>Tabla N° 30</b> Volumen del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto	104
<b>Tabla N° 31</b> Cuadro de Dosificación Peso y Volumen	105
<b>Tabla N° 32</b> Resultado del Diseño de Mezcla del Concreto Corregido	107
<b>Tabla N° 33</b> Dosificación del Concreto Convencional para 9 Probetas	108
<b>Tabla N° 34</b> Dosificación para 9 Probetas de Concreto con el Reemplazo del 1.55% de C.C.A.	108
<b>Tabla N° 35</b> Dosificación para 9 Probetas de Concreto con el Reemplazo del 7.55% de C.C.A.	109
<b>Tabla N° 36</b> Dosificación para 9 Probetas de Concreto con el Reemplazo del 11.55% de C.C.A.	109
<b>Tabla N° 37</b> El Máximo Diámetro de Probetas	113
<b>Tabla N° 38</b> Edades de Ensayo y Tolerancias Permisibles	120
<b>Tabla N° 39</b> Ensayo de Granulometría de Ceniza de Cascarilla de Arroz y Cemento	122
<b>Tabla N° 40</b> Resultados del Asentamiento Slump del Concreto Convencional	124
<b>Tabla N° 41</b> Resultados del Asentamiento Slump con Incorporación del 1.55% de C.C.A.	124
<b>Tabla N° 42</b> Resultados del Asentamiento Slump con Incorporación del 7.55% de C.C.A.	125
<b>Tabla N° 43</b> Resultados del Asentamiento Slump con Incorporación del 11.55% de C.C.A.	125
<b>Tabla N° 44</b> Resultado a la Comprensión del Concreto Convencional	127
<b>Tabla N° 45</b> Resultado a la Comprensión de Incorporación de C.C.A. del 1.55%	127
<b>Tabla N° 46</b> Resultado a la Comprensión de Incorporación de C.C.A. del 7.55%	128
<b>Tabla N° 47</b> Resultado a la Comprensión de Incorporación de C.C.A. del 11.55%	128
<b>Tabla N° 48</b> Resultado de Porcentaje de Dureza del Concreto de $210 \text{ kg/cm}^2$	130
<b>Tabla N° 49</b> Precio del Concreto Convencional	131
<b>Tabla N° 50</b> Precio del Concreto con Incorporación de C.C.A. de 1.55%	131
<b>Tabla N° 51</b> Precio del Concreto con Incorporación de C.C.A. de 7.55%	132
<b>Tabla N° 52</b> Precio del Concreto con Incorporación de C.C.A. de 11.55%	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 01</b> Emisiones Totales de Gases del Sector Cementero Mundial CO <sup>2</sup>	16
<b>Figura N° 02</b> Participación por Regiones en la Producción de Cemento 2019 P (%)	17
<b>Figura N° 03</b> Producción de Cemento en Miles de Toneladas en el Perú	20
<b>Figura N° 04</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> en Toneladas	21
<b>Figura N° 05</b> Fractura Tipo N°01	28
<b>Figura N° 06</b> Fractura Tipo N°02	28
<b>Figura N° 07</b> Fractura Tipo N°03	29
<b>Figura N° 08</b> Fractura Tipo N°04	29
<b>Figura N° 09</b> Fractura Tipo N°05	30
<b>Figura N° 10</b> Fractura Tipo N°06	30
<b>Figura N° 11</b> Probetas de Concreto 4x8 pulgadas	34
<b>Figura N° 12</b> Variable Independiente (X) y Variable Dependiente (Y) de la Investigación.	37
<b>Figura N° 13</b> Ficha de Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso	39
<b>Figura N° 14</b> Ficha de Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso	40
<b>Figura N° 15</b> Ficha de Peso Unitario del Agregado Fino y Grueso	40
<b>Figura N° 16</b> Ficha de Peso Específico del Agregado Grueso	41
<b>Figura N° 17</b> Ficha de Peso Específico del Agregado Fino	41
<b>Figura N° 18</b> Paso del Desarrollo Experimental de la Investigación	44
<b>Figura N° 19</b> Agregado Fino y Grueso	46
<b>Figura N° 20</b> Cascarilla y Ceniza de Arroz	47
<b>Figura N° 21</b> Cemento Sol Tipo I	47
<b>Figura N° 22</b> Límites Granulométricos del Agregado Grueso	50
<b>Figura N° 23</b> Límites Granulométricos del Agregado Fino	51
<b>Figura N° 24</b> Muestra Ingresando al Horno a una Temperatura de $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$	53
<b>Figura N° 25</b> Peso de la Muestra	53
<b>Figura N° 26</b> Tamices	53
<b>Figura N° 27</b> Peso del Material Retenido por los Tamices	54

<b>Figura N° 28</b> Gráfica de la Granulometría del Agregado Fino	56
<b>Figura N° 29</b> Peso de la Muestra	57
<b>Figura N° 30</b> Material Ingresado en los Tamices	58
<b>Figura N° 31</b> Peso del Material Retenido por los Tamices	58
<b>Figura N° 32</b> Peso de la Muestra	60
<b>Figura N° 33</b> Peso del Material Retenido por los Tamices	61
<b>Figura N° 34</b> Peso de la Muestra del Agregado Grueso Húmedo	63
<b>Figura N° 35</b> Muestra del Agregado Grueso en el Horno	64
<b>Figura N° 36</b> Peso de la Muestra del Agregado Grueso Seco	64
<b>Figura N° 37</b> Peso de la Muestra del Agregado Fino Húmedo	65
<b>Figura N° 38</b> Muestra del Agregado Fino en el Horno	66
<b>Figura N° 39</b> Peso de la Muestra del Agregado Fino Seco + Tara	66
<b>Figura N° 40</b> Cuarteo del Agregado Grueso Suelto	68
<b>Figura N° 41</b> Llenado del Agregado Grueso al Recipiente	69
<b>Figura N° 42</b> Retiro del Exceso del Material	69
<b>Figura N° 43</b> Peso del Agregado Grueso Suelto	70
<b>Figura N° 44</b> Cuarteo del Agregado Grueso Compactado	71
<b>Figura N° 45</b> Apisonamiento del Agregado Grueso	72
<b>Figura N° 46</b> Retiro del Exceso del Material	72
<b>Figura N° 47</b> Peso del Agregado Grueso Compactado	73
<b>Figura N° 48</b> Cuarteo del Agregado Fino Suelto	74
<b>Figura N° 49</b> Llenado del Agregado Fino al Recipiente	75
<b>Figura N° 50</b> Retiro de Exceso del Material	75
<b>Figura N° 51</b> Peso del Agregado Fino Suelto	76
<b>Figura N° 52</b> Cuarteo del Agregado Fino Compactado	77
<b>Figura N° 53</b> Llenado del Agregado Fino al Recipiente	78
<b>Figura N° 54</b> Apisonamiento del Agregado Fino	78
<b>Figura N° 55</b> Retiro de Exceso de Material	79
<b>Figura N° 56</b> Peso del Agregado Fino Compactado	79

<b>Figura N° 57</b> Peso del Agregado Grueso	82
<b>Figura N° 58</b> Lavado de la Muestra	82
<b>Figura N° 59</b> Muestra Lavada e Ingresada en el Horno	83
<b>Figura N° 60</b> Muestra Seca Saturada por 24 horas	83
<b>Figura N° 61</b> Secado de la Muestra con Paño Absorbente	84
<b>Figura N° 62</b> Muestra Sumergida en el Agua Mediante una Malla Metálica	85
<b>Figura N° 63</b> Muestras Retirada de la Malla Metálica para su Ingreso al Horno	85
<b>Figura N° 64</b> Muestra Retirada del Horno	86
<b>Figura N° 65</b> Muestra Seca Saturada por 24 horas	88
<b>Figura N° 66</b> Decantación del Agua del Agregado Fino	89
<b>Figura N° 67</b> Agregado Fino en la Estufa para Eliminar Humedad	89
<b>Figura N° 68</b> Apisonamiento del Agregado Fino	90
<b>Figura N° 69</b> Retiro del Molde Cónico	91
<b>Figura N° 70</b> Peso del Picnómetro con Agua	91
<b>Figura N° 71</b> Limpiando los Residuos del Agregado Fino con Agua	92
<b>Figura N° 72</b> Rotación del Picnómetro para el Eliminar sus Burbujas de Aire	93
<b>Figura N° 73</b> Peso del Picnómetro + Agregado Fino + Agua	93
<b>Figura N° 74</b> Agregado Fino Retirado del Horno	94
<b>Figura N° 75</b> Registro de Lectura Final	97
<b>Figura N° 76</b> Cono de Abrams - Vista Frontal y Vista de Planta	110
<b>Figura N° 77</b> Capacitación de la Muestra en el Cono de Abrams	111
<b>Figura N° 78</b> Medición de Cono de Abrams con la Mezcla de Concreto	112
<b>Figura N° 79</b> Distribución de los Materiales para la Mezcla	114
<b>Figura N° 80</b> Trompo donde Realizamos la Mezcla	114
<b>Figura N° 81</b> Proceso de Mezclado de los Materiales	115
<b>Figura N° 82</b> Moldes Engrasados con Petróleo	116
<b>Figura N° 83</b> Llenado de Probetas	117
<b>Figura N° 84</b> Especímenes Desmoldados	117
<b>Figura N° 85</b> Reposo de los Especímenes en la Piscina de Curado	119

<b>Figura N° 86</b> Espécimen Correctamente Colocado en la Maquina	120
<b>Figura N° 87</b> Termino de la Prueba de Ensayo a la Comprensión	121
<b>Figura N° 88</b> Curva Granulométrica de la Ceniza de Cascarilla de Arroz y el Cemento	123
<b>Figura N° 89</b> Comparativo de Slump de C. Convencional y con Incorporación de C.C.A.	126
<b>Figura N° 90</b> Comparación de la Resistencia a la Comprensión a los 7, 14 y 28 Días de Curado	129

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes 1.55%, 7.55% y 11.55% respecto al peso del cemento en la mezcla de concreto. La investigación es del tipo experimental con un enfoque cuantitativo, donde se tiene como muestra un total de 36 unidades de especímenes cilíndricos estandarizados de concreto. Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron los formatos establecidos por el laboratorio donde se realizaron los ensayos de los agregados y del concreto, para el análisis de datos se utilizaron hojas de cálculo en Excel.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

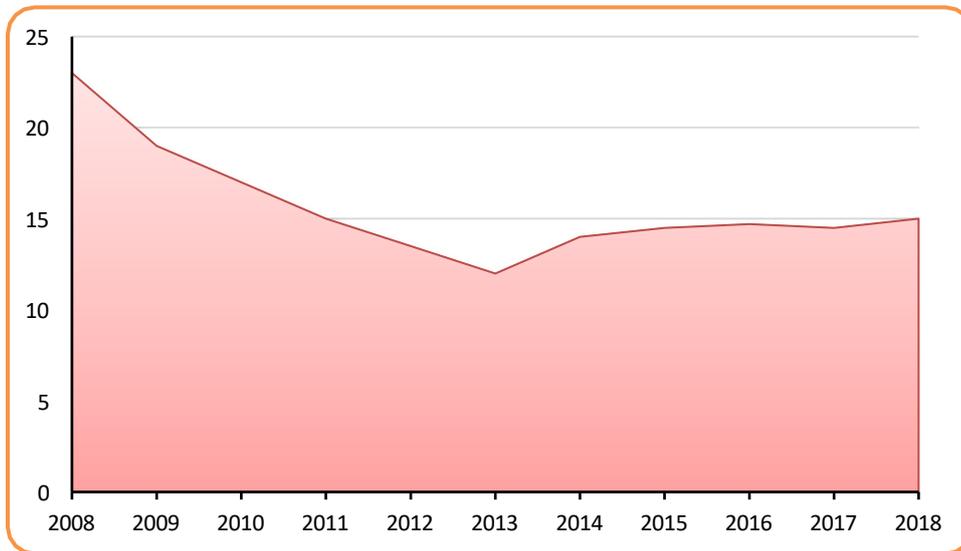
### Realidad problemática

Desde sus inicios, la industria de la construcción se ha visto en la necesidad y la obligación de encontrar una variedad de materiales que puedan armonizar y satisfacer propiedades de acuerdo a sus propias necesidades y recursos, siempre priorizando aspectos como la durabilidad, la resistencia, el costo y la trabajabilidad, pero nunca antes preocupados sobre el medio ambiente, se concluye que el elemento principal e indispensable es el cemento, ya que "es el material más activo en la mezcla de concreto y por ende sus propiedades y sobre todo su presencia en la mezcla, el cemento tiene una gran influencia en la resistencia del hormigón a cualquier edad. Cuanto mayor sea el contenido de cemento, mayor será la resistencia que se puede obtener, mientras que a menor contenido, menor será la resistencia del hormigón". (Osorio, 2022).

Se fabrica más de 4 600 millones de toneladas de cemento anualmente, "esta producción es el 3er sector consumidor de energía industrial y el 2do emisor industrial que genera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) mundialmente" para su obtención, primero se realiza la producción del clinker que se forma tras calcinar, caliza y arcilla un procedimiento que libera altas cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con el objetivo de obtener cal; material que posteriormente se quema en hornos a unas altas temperaturas de 1500 °C, logrando que esta producción genere un 90% de emisiones anuales mundialmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). (Report, 2018).

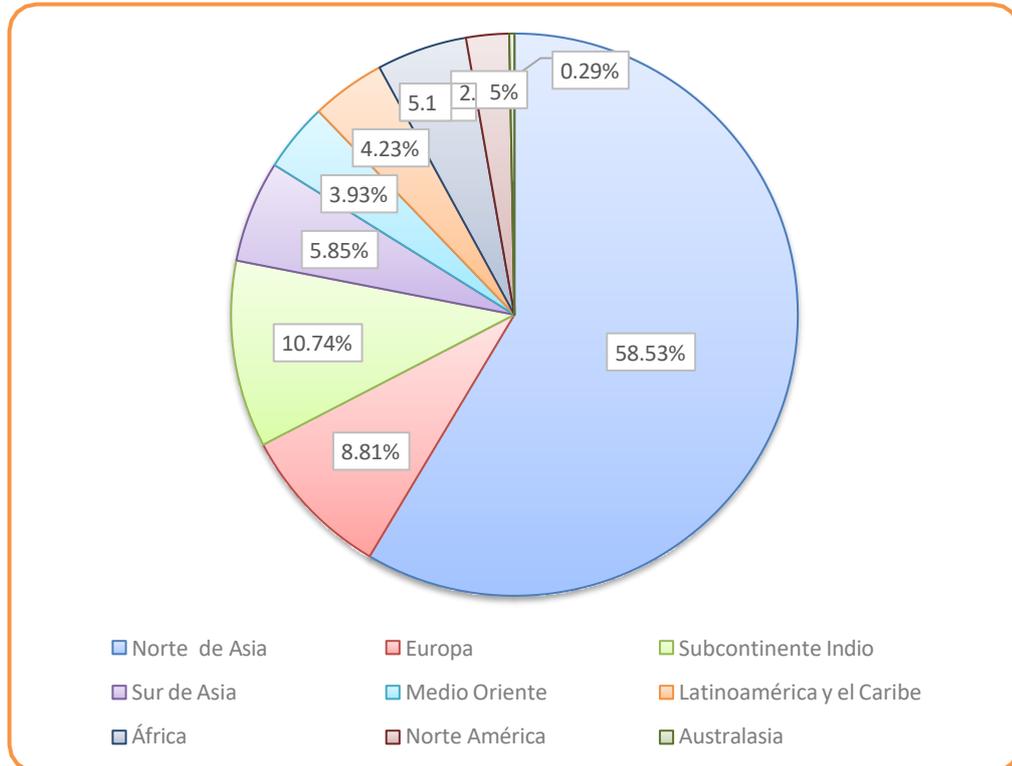
Pero no obstante se tuvo un descenso de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ocasionado por las empresas cementeras mundiales entre el año 2008 al 2013, pero luego empezó a subir de manera parcial hasta el 2018. (Figura N°01), motivo de la falta de concientización ambiental en la producción de este material, según el informe International Cement Review, la producción del cemento en Norte de Asia es de un 58.53% seguidamente del Subcontinente Indio con un 10.74% y Europa con un 8.81% (Figura N°02).

**Figura N° 01**  
Emisiones Totales de Gases de Efecto Invernadero del Sector  
Cementero Mundial (Millones de Toneladas CO<sub>2</sub>)



*Fuente:* Observatorio de Sostenibilidad.

**Figura N° 02**  
Participación por Regiones en la Producción de Cemento 2019 P (%)



*Fuente:* International Cement Review (P: Valor pronosticado).

En el 2019 América Latina y el Caribe, tuvieron una producción de cemento de 5.77% teniendo un año anterior de 5.67% el cual este aumento ha sido contribuido porque Barbados generó una producción a 43 800 millones de toneladas, seguidamente de Jamaica con un 851 millones de toneladas y Uruguay de 770 millones de toneladas (Tabla N°01), el aumento de la producción genera paulatinamente emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), lo que conduce al calentamiento global y al cambio climático. (Gonzalez, 2020).

**Tabla N° 01**  
Cifras de las Industrias Cementeras de América Latina y el Caribe

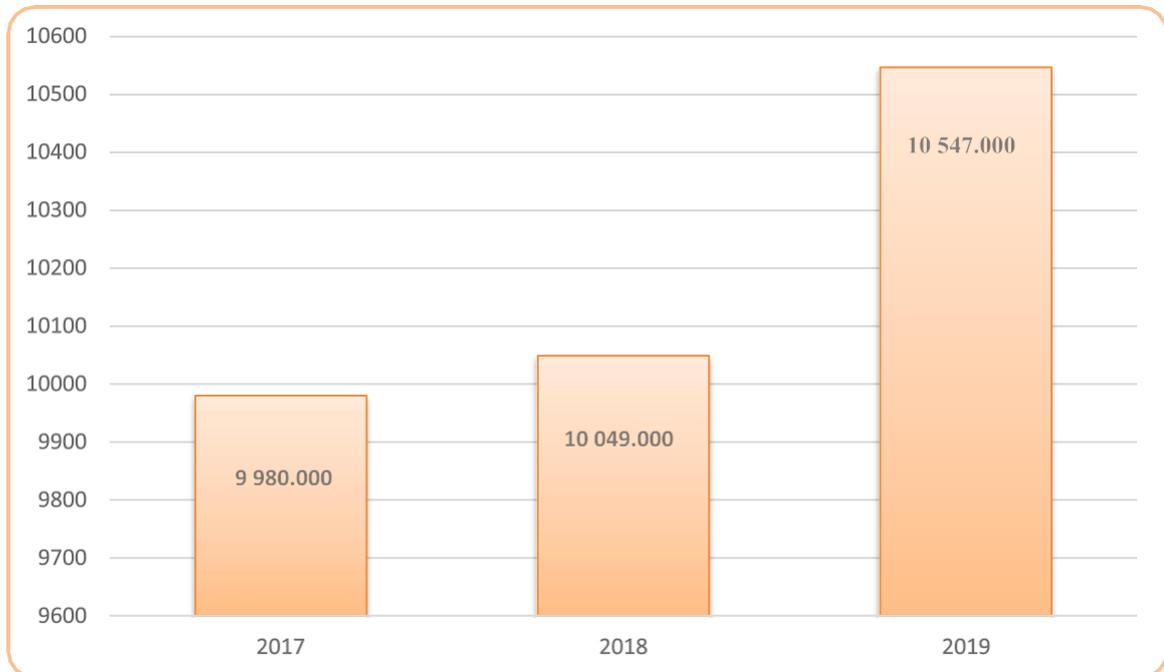
PAÍS	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Argentina</b>	12.193	10.899	11.960	11.842	11.082
<b>Barbados</b>	208.000	ND	49 700.000	47 200.000	43 800.000
<b>Bolivia</b>	3.468	3.601	3.611	3.757	3.900
<b>Brasil</b>	65.283	57.557	54.004	53.602	54.390
<b>Chile</b>	4.320	4.310	4.000	3.9900	4.210
<b>Colombia</b>	13.047	12.495	12.299	12.460	12.995
<b>Costa Rica</b>	1.550	1.220	1.364	1.340	1.220
<b>Cuba</b>	1.520	1.490	1.430	1.590	1.640
<b>Ecuador</b>	5.860	5.550	5.690	5.760	6.270
<b>El Salvador</b>	998.000	880.00	900.000	1.090	1.180
<b>Guadalupe y Martinica</b>	394.000	362.000	349.000	359.000	371.000
<b>Guatemala</b>	3.004	2.900	3.180	3.260	3.512
<b>Haití</b>	632.000	645.000	768.000	807.000	742.000
<b>Honduras</b>	1.700	1.840	2.140	1.960	1.840
<b>Jamaica</b>	808.000	ND	830.000	870.000	851.000
<b>México</b>	39.600	42.367	41.836	42.805	39.900
<b>Nicaragua</b>	740.000	780.000	780.000	680.000	600.000
<b>Panamá</b>	1.970	1.900	1.920	1.670	1.470

<b>Perú</b>	10.764	10.094	9.980	10.049	10.574
<b>Puerto Rico</b>	514.000	450.000	400.000	560.000	550.000
<b>República Dominicana</b>	5.181	5.171	5.254	5.430	5.640
<b>Suriname</b>	102.000	97.000	53.000	46.000	52.000
<b>Trinidad y Tobago</b>	840.000	ND	447.000	393.000	376.000
<b>Uruguay</b>	860.000	600.00	720.000	820.000	770.000
<b>Venezuela</b>	8.210	5.790	5.410	5.100	4.500

*Fuente:* Federación Interamericana del Cemento – Informe Estadístico 2019.

En este sentido, el Perú se encuentra en el puesto N° 22 y es uno de los países más contaminados del mundo, mencionando además que Lima es la 8ava ciudad más contaminada de América Latina, la principal causa de esta molestia es una generación y disposición inadecuada de sólidos. El Ministerio del Ambiente, “manifiesta que en el Perú entre los años 2002 y 2012 la fabricación de cemento se duplicó”. Por otro lado, en el 2018 en una información brindada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se obtuvo una data actualizada, el cual demostró que el consumo de cemento creció en un 7.29% en el año 2018 con respecto al año 2017 no obstante, la Asociación de Productos de Cemento (ASOCEM) también brinda un análisis estadístico de la producción de cemento entre el 2017 al 2019. (Figura N°03) (MINAM, 2022).

**Figura N° 03**  
Producción de Cemento en Miles de Toneladas en el Perú

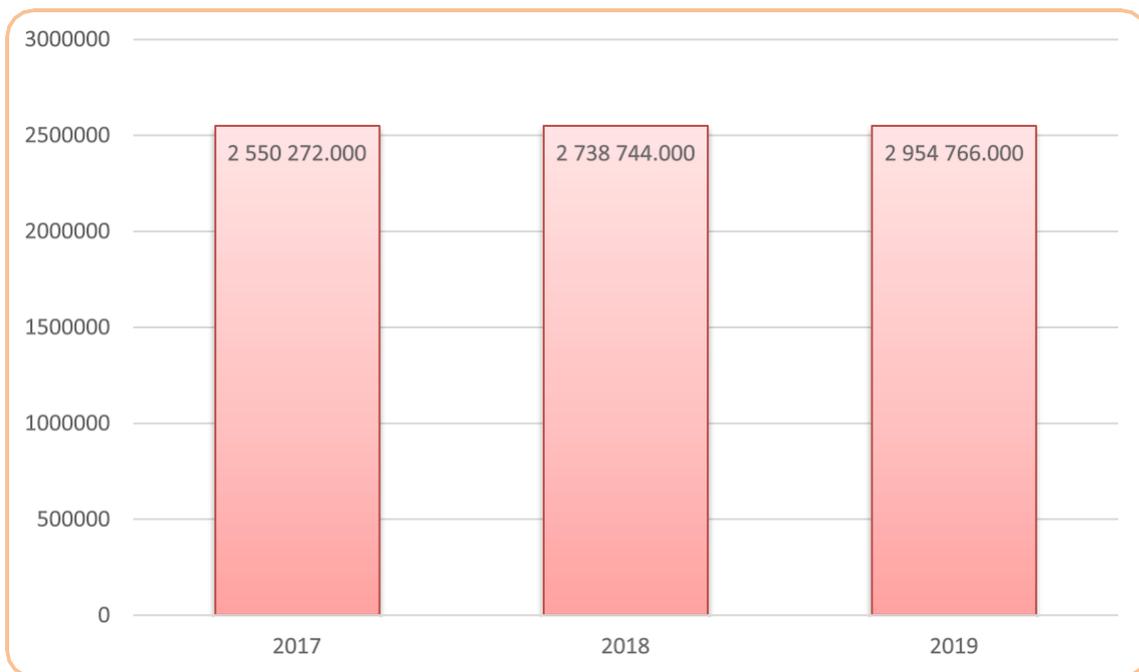


*Fuente:* Informe estadístico de la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), sobre la producción de cemento a nivel nacional.

Las empresas cementeras más importantes del Perú son: Cementos Pacasmayo, Caliza Cemento Inca, Cemento Andino y Cementos Lima (UNACEM), Cemento Yura y Cementos Selva. De todas las empresas mencionadas, en 2017 UNACEM fue la empresa con mayor producción, representando el 46%, alcanzando las 4.911.453.000 toneladas de cemento a nivel nacional, y debido a esta producción liberó una gran cantidad de gases tóxicos al medio ambiente. “El principal es el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que supone el 5% de las emisiones industriales del cemento”. Se estima que por cada tonelada de cemento producido se producen 900 kg de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )” (Luna García & Bustillos Huamán, 2021).

Cemento Andino y Cementos Lima (UNACEM) realizaron un análisis estadístico anual de sus emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por la producción de su planta industrial Atocongo - Lima durante los años 2017, 2018 y 2019. (Figura N°04). Este análisis estadístico se realizó con el fin de controlar y analizar la emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) al medio ambiente y como era de esperarse no tuvimos concientización de las altas emisiones del  $\text{CO}_2$ , como nos podemos dar cuenta sigue siendo un número creciente a cada año posterior.

**Figura N° 04**  
Emisiones de  $\text{CO}_2$  en Toneladas



*Fuente:* Informe Estadístico de la UNACEM planta Atocongo.

Por ello, constantemente se buscan mejores condiciones para fortalecer el concreto y reducir el uso de cemento, a través de aditivos naturales o adicionando fibras en el proceso de la mezcla, que es una tecnología que se va implementando paulatinamente, “ya que se ha ido encontrando de manera progresiva y pausada diversos tipos de aplicaciones dentro del campo del concreto estructural y sigue siendo objeto de estudio de muchos investigadores, trayendo consigo avances en la construcción”. (Osorio, 2022).

Estas implementaciones obedecen especialmente a la necesidad de lograr una mayor durabilidad estructural y ser amigables con el medio ambiente, es por ello que se realizará diversos ensayos utilizando ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo de proporción parcial en el cemento, con el fin de estudiar la resistencia a la compresión y optimizar costos para así comparar con el concreto convencional sin comprometer ninguna propiedad física y mecánica de la mezcla.

### **Antecedentes**

Las industrias arroceras de nuestro país son de una acción importante siendo el “mayor residuo resultante de la producción de este grano”. Este residuo orgánico es utilizado para generar energía eléctrica y/o combustible, bajo esta funcionalidad surge una nueva necesidad de un uso eficiente para las cenizas que arroja la combustión de la cáscara de arroz, ya que si lo “sometemos a una calcinación se produce un alto porcentaje de su peso inicial, aumentando un 13% y 29%, el cual está compuesta principalmente por sílice, 87% - 97% y pequeñas cantidades de sales inorgánicas”. (Arcos, 2007). Los silícicos poseen poco o ningún valor cementante, pero al ser finamente dividido y con presencia del agua su

reacción químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente forman compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes no hidráulicos brindándole propiedades cementantes, es por ello donde se empieza a tomar interés en realizar estudios de los “residuos proveniente de la calcinación de la cascarilla de arroz, por el cual podría ser utilizado como material cementante en la fabricación del hormigón”. (Montero Trujillo, 2017).

La ceniza de cascarilla de arroz al contener altos contenidos de sílice tiene una reacción favorable con el Cal, dando como resultado cristales de silicato de cálcico hidratado (CHS), el cual es una componente que ayuda en la generación de resistencias mecánicas en una mezcla de concreto, así mismo también “actúa como fuente de fases mineralógicas como los silicatos dicálcicos y tricálcicos (C2S y C3S) del cemento”. (Mafla, 2009).

En ese sentido, la ceniza de cascarilla de arroz, está demostrando que como aditivo mineral puede mejorar el rendimiento en el hormigón, puesto que el tamaño de partículas de la cascarilla de arroz es muy importante ya que se obtiene una adecuada velocidad de reacción y una mejor resistencia en el concreto, así mismo se puede afirmar que si la ceniza de cascarilla de arroz es más pequeña puede garantizar su buena calidad. (Montero Trujillo, 2017).

No solo basta con lo mencionado, la ceniza de cascarilla de arroz se puede usar como un sustituyente en proporciones determinadas en el cemento, esta manera reduciría el costo de producción en la mezcla del concreto convencional sin comprometer ninguna de las

características físicas y mecánicas, no obstante, también vendría hacer más amigable con el medio ambiente, ya que a su menor consumo del cemento se tendría una menor producción de la misma.

### Definiciones Conceptuales

En la presente investigación se tiene por definiciones conceptuales a términos básicos tales como:

**Agregados:** Según la norma técnica peruana N° 400.037, define el concepto de agregados al grupo de partículas de procedencia natural o artificial, que pueden ser trabajables y elaboradas, cuyo tamaño de partículas se encuentren en los límites establecidos de esta norma técnica peruana que también se les puede llamar áridos. El agregado grueso es retenido por el tamiz N° 04 y el agregado fino se considera aquel es que retenido por el tamiz N° 200. En la presente norma técnica peruana, nos indica un rango de proporciones de los volúmenes de los componentes del concreto.

**Tabla N° 02**  
Proporciones Típicas en Volumen de los Componentes del Concreto

Aire 1% - 3%
Cemento 7% - 15%
Agua 15% - 22%
Agregados 60% - 75%

*Fuente:* NTP 400.037

**Ceniza de cascarilla de arroz:** Es un derivado del procedimiento de quemadura de la cascarilla de arroz, que es un “desecho agrícola con la peculiaridad principal del que tiene propiedades químicas que cuando se aplica al mezclado del concreto, asciende su resistencia y por ende mejora sus características” (Condo, 2011).

**El Cemento Portland:** Es el resultado que se consigue mediante la pulverización del clinker agregado principalmente de silicatos de calcio hidráulicos y que domina sulfato de calcio y fortuitamente caliza como añadidura en lo largo de la molienda. (NTP 334.009).

**El agua de mezcla:** Cuenta con una función muy importante para la mezcla, el cual consiente hidratar el cemento y realizar la mezcla trabajable. Se accederá el uso de agua potable como agua de mezcla en el concreto, ya que no se visualizará decoloración, expulsión de un mal olor o con la adición de algún agregado, caso contrario se debe de realizar los ensayos respectivos de la norma técnica peruana N° 339.088, con el fin de no alterar la mezcla del concreto. (NTP 339.088).

**Contenido de aire:** Se representa mediante el volumen de poros vacíos de aire o de otro gas en la pasta de cemento, mortero o concreto, exceptuando los orificios impermeables compuestos por las partículas del agregado. (NTP 339.047).

**Dosificación:** Consiste en realizar proporciones idealizadas de los materiales que están compuesto el concreto, con el objetivo de una mayor trabajabilidad, una óptima resistencia, una durabilidad requerida o con el fin que desea conseguir el que realice el diseño de mezcla. (Rivva, 1992, pág. 58).

**El Concreto:** Es la mezcla de materiales compuestas por proporciones de agregado grueso, fino, cemento, aire atrapado, agua y opcionalmente se le puede agregar puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. Inicialmente la mezcla muestra una consistencia

plastificante, moldeable y trabajable mientras que después del secado si visualiza una consistencia rígida con características aislantes, resistentes y resistencias mecánicas. (NTP 339.047).

**El agua de curado:** Compuesta de hidróxido de calcio a una escala de saturación, donde se aplican una vez que el concreto está endurecido, con la finalidad de sobre pasar los estándares de resistencia para los cuales fueron diseñadas. Cuando se emplea el líquido al concreto endurecido se forma una membrana que obstruye la evaporación del agua de la mezcla del concreto. (NTP 339.047).

**Probeta:** Espécimen de dimensiones definidas de acuerdo a la norma técnica peruana N° 339.034, las muestras se pueden desarrollar en moldes de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que no reaccione ante a mezcla del concreto fresco. Previa utilización de los moldes, se debe de cubrir en la parte interna con un aceite mineral o un desmoldante no reactivo. (Torre, 2004, pág. 32).

## **Bases Teóricas**

**Diseño de mezcla por el método American Concrete Institute (a partir de ahora referida como ACI):** Se ha desarrollado un método de diseño de mezcla comprensible, el cual se presenta en el proyecto de investigación, para así mismo conseguir valores con diferentes proporciones, “se detallará aquellos que se relacionan con el diseño de las mezclas de concreto normal y concreto con aditivo; donde la utilización de la grava, arena, cemento, agua y uso de aditivos que en este caso se trabajará con ceniza de cascarilla de arroz, se relacionen con el rango de propiedades que se debe de cumplir, de acuerdo a lo mencionado en el método ACI.” (Rivva, 2000, pág. 35).

Para ello debemos de tener en cuenta:

- La relación de agua y cemento.
- El contenido mínimo de cemento.
- La resistencia a la comprensión mínima.
- El tamaño máximo del agregado.
- La trabajabilidad mínima, el método de finura de la arena.
- La granulometría de los agregados y el contenido de aire.

(ACI 211.1)

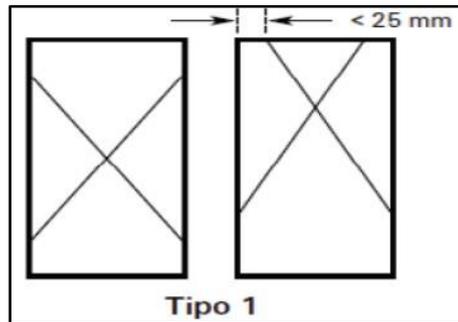
**Resistencia a la comprensión del espécimen:** Es un método de ensayo, que se basa en generar una carga de comprensión axial a los cilindros moldeados o de procedencia de método de ensayo en diamantina con una velocidad que se acierte en un rango de visualizar la falla de la muestra. El espécimen se calcula por la división de la máxima carga recopilada del ensayo entre el área de la sección transversal de la misma. (NTP 339.034).

**La fracturación:** Se define como la “visualización física de la baja y/o máxima resistencia a la comprensión del concreto”, donde se representa mediante grietas, rupturas o fisuras. (Sotil y Zegarra, 2015, pág. 40).

La NTP 339.034 se define los esquemas de los patrones de tipos de fracturas de probetas que en este caso son para el concreto con  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , son las siguientes:

- **Fractura tipo N° 01:** “Cono razonablemente bien formado, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas”.

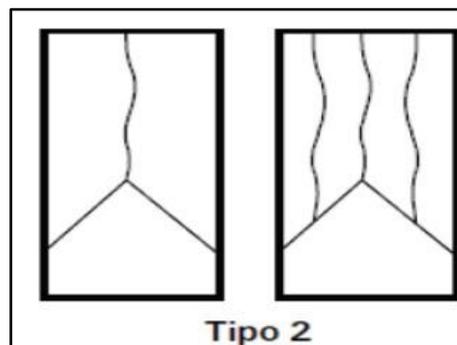
**Figura N° 05**  
Fractura Tipo N°01



*Fuente:* NTP 339.034

- **Fractura tipo N° 02:** “Cono bien formado sobre una base (desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, con conos bien definidos en la otra base).”

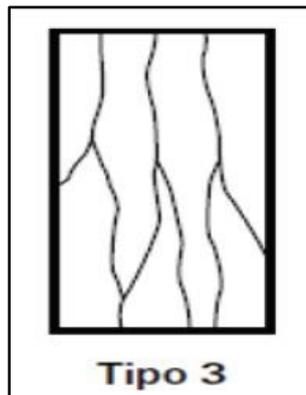
**Figura N° 06**  
Fractura Tipo N°02



*Fuente:* NTP 339.034

- **Fractura tipo N° 03:** “Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados”.

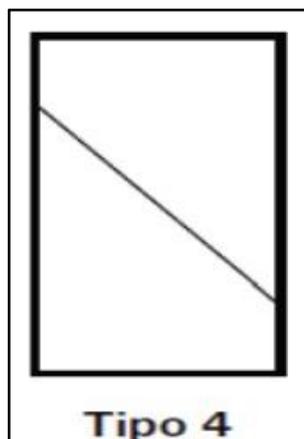
**Figura N° 07**  
Fractura Tipo N°03



*Fuente:* NTP 339.034

- **Fractura tipo N° 04:** “La fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar el tipo I”.

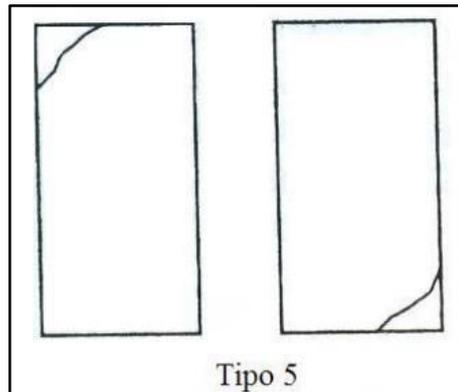
**Figura N° 08**  
Fractura Tipo N°04



*Fuente:* NTP 399.034

- **Fractura tipo N° 05:** “Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior, ocurriendo comúnmente con las capas de embonado.

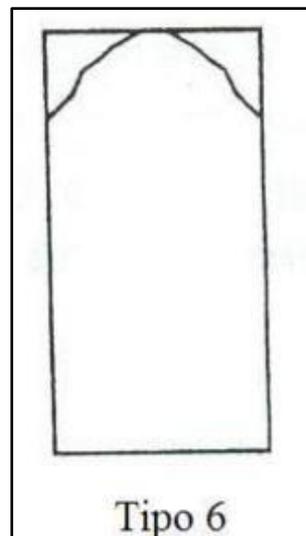
**Figura N° 09**  
Fractura Tipo N°05



Fuente: NTP 339.034

- **Fractura tipo N° 06:** Similar al tipo N° 5, pero el terminal del cilindro es acentuado.

**Figura N° 10**  
Fractura Tipo N°06



Fuente: NTP 339.034

## Formulación del problema

¿Cómo influye la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial en el cemento en la resistencia a la compresión de un concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ?

## Objetivos

### Objetivo General

Determinar la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión en probetas de concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

### Objetivos Específicos

- Comparar la resistencia a la compresión de un concreto convencional de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y otro concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  adicionando ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 1.55%, 7.55% y 11.55% como reemplazo parcial en el peso del cemento a edades de 7, 14 y 28 días.
- Encontrar el porcentaje ideal de la ceniza de cascarilla de arroz para que se consiga una mejor trabajabilidad en la mezcla del concreto y así su reducción del cemento.
- Evaluar los costos de producción del concreto convencional y adicionando ceniza de cascarilla de arroz.

## Hipótesis

### Hipótesis General

La adición de la ceniza de cascarilla de arroz en el concreto  $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$  como reemplazo parcial con respecto al peso del cemento aumentará entre un 15% a 25% la resistencia a la comprensión de un concreto convencional.

### Hipótesis Específicas

- La adición de la ceniza de cascarilla de arroz tuvo un efecto positivo en la resistencia a la comprensión de probetas de concreto de  $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ .
- El porcentaje ideal para poder trabajar con ceniza de cascarilla de arroz en reemplazo proporcional con respecto al peso del cemento es de un 11.55% ya que la proporción de reemplazo es el más alto y se estima obtener una mejor resistencia a la comprensión.
- El costo del concreto convencional  $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$  adicionando ceniza de cascarilla de arroz resultará menor al concreto convencional de  $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### Tipo de Investigación

Borja Suárez (2012), manifiesta que una forma viable para conocer la realidad asertiva es mediante la recopilación y análisis de datos, con esto se puede probar la hipótesis y responder las preguntas de investigación, de acuerdo a nuestra naturaleza de los datos de estudio la investigación es de tipo experimental con un enfoque cuantitativo, centrándose en probar las muestras de hormigón antes de agregar el porcentaje de sustitución de ceniza de cascarilla de arroz en relación con el peso del cemento, cambiando positivamente su resistencia a la comprensión. Por lo tanto, el estudio experimental incluirá el manejo de la variable independiente, reemplazando la ceniza de cascarilla de arroz con porcentajes de 1.55%, 7.55% y 11.55%, lo cual nos permitirá cuantificar la variable dependiente, donde se obtendrá una mejor resistencia a la comprensión en probetas de concreto.

### Nivel de investigación

Es de nivel aplicativo esta investigación, por lo que se requiere investigar un tipo de diseño a una de las variables con el empleo de un agregado al mismo diseño para obtener un resultado distinto; siendo en esta investigación el reemplazo parcial con respecto al peso del cemento en 1.55%, 7.55% y 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz.

### Diseño de investigación

Existen 3 requisitos importantes para que una investigación sea de tipo experimental, los cuales son:

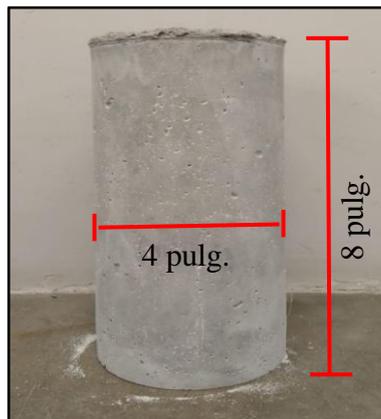
- “Manipulación intencional de la variable independiente”
- “Medición del efecto de la variable independiente”
- “Control interno de la situación experimental”

De acuerdo con lo listado en el punto 1 y asociando a nuestro proyecto, incorporaremos la ceniza de cascarilla de arroz a unas probetas y otras se elaborará con elementos tradicionales el cual lo llamaremos concreto convencional y el punto 2 y 3 mediremos la relación de causa y efecto de la adición del 1.55%, 7.55% y 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz, para obtener una mejor resistencia a la compresión. (Suárez, 2012).

### Unidad de estudio

En la presente investigación se utilizó la unidad de estudio probetas de concreto, de 4x8 pulgadas. (Figura N° 11).

**Figura N° 11**  
Probetas de Concreto 4x8 pulgadas



*Fuente: Elaboración propia.*

## Población y Muestra

### Población

En esta investigación la población conformará por todas las edificaciones verticales de concreto  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

### Muestra

Para las muestras es determinada de carácter no probabilístico por juicio de expertos, donde se fabricaron 3 probetas de hormigón para cada uno de los porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz antes mencionados y nuestro diseño estándar, ya que según la NTP 339.183 menciona que: “El número mínimo de especímenes y lotes de cada edad debe ser de 3”, así que se ensayarán en una fecha específica de esta manera poder contar con una confiabilidad estadística y las cuales se detallarán en la Tabla N° 03.

**Tabla N° 03**  
Número de Muestras de Probetas para Ensayo a la Comprensión

Días	Número de probetas sin/con ceniza de cascarilla de arroz			
	0%	1.55%	7.55%	11.55%
<b>7</b>	3	3	3	3
<b>14</b>	3	3	3	3
<b>28</b>	3	3	3	3
<b>Total de Probetas:</b>				36

*Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, se describe la operacionalización de variables. (Tabla N° 04):

**Tabla N° 04**  
Operacionalización de Variables

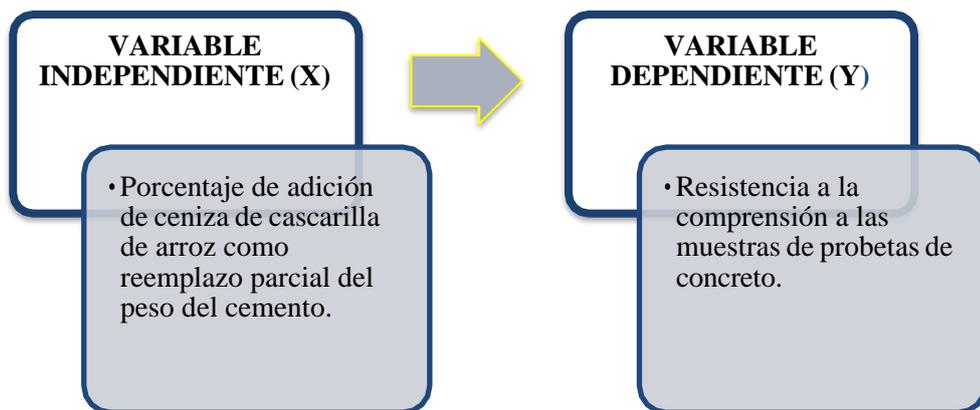
Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
<b>INDEPENDIENTE</b>	<p>Ceniza de cascarilla de arroz.</p> <p>Material de la descomposición orgánica con altos porcentajes de silicio que se obtiene de la molienda de los que producen.</p>	<p>Adición</p>	<p>1.55 %, 7.55% y 11.55%</p>	<p>Balanza</p>
<b>DEPENDIENTE</b>	<p>Resistencia a la comprensión en probetas de concreto.</p> <p>Medición de resistencia a las probetas de ensayo mediante una carga axial sometida mediante una velocidad.</p>	<p>Resistencia a la comprensión <math>f'_b</math>.</p>	<p>Área de sección transversal</p> <hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> <p>Carga efectuada (última)</p>	<p>Calibre</p> <p>Máquina de ensayo de resistencia a la comprensión</p>

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Variable Independiente:** Esta variable es el que causa resultado a la variable dependiente. La representaremos con la letra “X”. (Figura N° 12). (Borja Suárez, 2012).
- **Variable Dependiente:** Según Borja Suárez (2012), nos manifiesta que es el efecto ocasionado por la manipulación de la variable independiente. Se le representará por una letra “Y”. (Figura N° 12).

**Figura N° 12**

Variable Independiente (X) y Variable Dependiente (Y) de la Investigación.



*Fuente: Elaboración propia.*

### **Técnicas, instrumentos de recolección de datos, materiales y análisis de datos**

Para la recolección de la información del presente estudio seguiremos los pasos de la siguiente tabla. (Tabla N° 05).

**Tabla N° 05**  
Pasos para Recoger la Información

<b>Pasos</b>	<b>Detalles</b>
<b>Pre-Experimentación</b>	Paso por el cual se ejecuta la investigación documental procediendo a revisar el material bibliográfico y fuentes de la tesis, explorando conceptos previos.
<b>Trabajo en Campo</b>	Se aplica las técnicas e instrumentos recolectados para el proceso experimental.
<b>Trabajo de Pos-Experimentación</b>	Se analiza e interpreta la información obtenida para su futura conclusión.

*Fuente: Guía de investigación científica de la Universidad Privada del Norte 2018.*

### **Técnicas de recolección de datos**

En la presente investigación, se utilizará la técnica de la observación directa / experimental del laboratorio de cada uno de los ensayos de los agregados y de la resistencia a la comprensión de las 36 probetas, incluyendo tanto el concreto convencional y el concreto con incorporación del 1.55%, 7.55% y 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos para utilizar para la recolección de datos fueron tomados del diseño de ACI 211.1 y las normas técnicas peruanas (NTP), donde se utilizará fichas para recolectar y registrar los datos obtenidos en el laboratorio de manera ordenada para así determinar calidad, viabilidad y seguridad de los materiales a utilizar.

Se realizarán los siguientes ensayos:

- **Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso (NTP 400.012):**

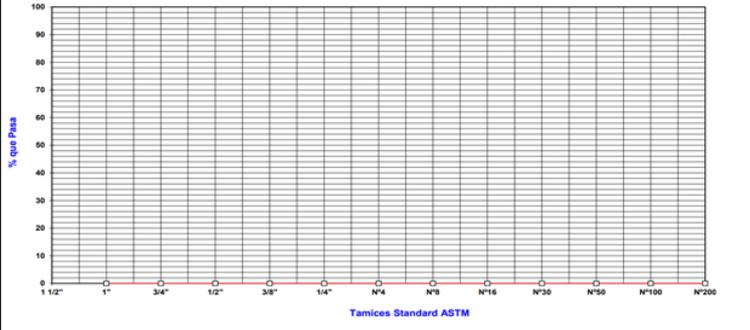
**Figura N° 13**

Ficha de Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
		FORMATO					
		GRANULOMETRIA DE AGREGADOS					
		(NTP- 400.012)					
MATERIAL :		MUESTRA N° :					
SEDE:		FECHA DE MUESTREO :					
PROCEDENCIA:		FECHA DE INGRESO :					
ANALIZADO POR:		FECHA DE ANALISIS :					
Peso inicial:		Peso final:		% Error:			
N° Tamiz	Abertura	Peso Retenido en (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado		Uso	
				Retenido	Pasa	Limit. Inferior	Limit. Superior
3"	76.20						
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.05						
1/2"	12.70						
3/8"	9.53						
#4	4.76						
#8	2.36						
#16	1.18						
#30	0.59						
#50	0.30						
#100	0.15						
FONDO	0						
Peso Total:							

**CURVA GRANULOMETRICA**



Fuente: Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

- **Contenido de Humedad (NTP 339.185):**

**Figura N° 14**  
Ficha de Contenido de Humedad del Agregado Fino y Grueso

 <p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b></p>	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS	<p align="center">FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>		
	FORMATO			
	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<p>MATERIAL : _____ MUESTRA : _____</p> <p>OBRA : _____ FECHA DE MUESTREO : _____</p> <p>PROCEDENCIA : _____ FECHA DE INGRESO : _____</p> <p>ANALIZADO POR : _____ FECHA DE ANALISIS : _____</p>				
	M 1	M 2	M 3	
(A) peso bandeja (g)				
(B) peso bandeja + Peso agregado en E.N. (g)				
(C) peso bandeja + Peso agregado en seco (g)				
(D) Peso muestra original (g)=(B-A)				
(E) Peso agregado seco (g)=(C-A)				
% Humedad = $(D - E) / E \times 100$				
Promedio				

Fuente: Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

- **Peso Unitario del Agregado Fino y Grueso (NTP 400.017):**

**Figura N° 15**  
Ficha de Peso Unitario del Agregado Fino y Grueso

 <p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b></p>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<p align="center">FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>					
	FORMATO						
	<b>PESO UNITARIO DE AGREGADOS</b>						
<p align="center">(NTP 400 .017)</p>							
<p>MATERIAL : _____ MUESTRA : _____</p> <p>SEDE : _____ FECHA DE MUESTREO : _____</p> <p>PROCEDENCIA : _____ FECHA DE INGRESO : _____</p> <p>ANALIZADO POR : _____ FECHA DE ANALISIS : _____</p>							
	SUELTO			COMPACTADO			
	M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3	
N° Ensayo	1	2	3				
(A) Peso recipiente (Kg)							
(B) Peso agregado + contenedor (Kg)							
(C) Peso agregado = (B) - (A) (Kg)							
(D) Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )							
(E) Peso Unitario aparente = (C) / (D)							
(F) Contenido de Humedad							
Peso Unitario Corregido = $(E) / (F+100) \times 100$							
Promedio							

Fuente: Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

- **Peso Específico del Agregado Grueso (NTP 400.021) y Peso Específico del Agregado Fino (NTP 400.022):**

**Figura N° 16**  
Ficha de Peso Específico del Agregado Grueso

 <p><b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
	FORMATO			
	<b>PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO</b>			
(NTP 400.021)				
MATERIAL :		MUESTRA N° :		
SEDE:		FECHA DE MUESTREO :		
PROCEDENCIA:		FECHA DE INGRESO :		
ANALIZADO POR:		FECHA DE ANALISIS :		
N° Ensayo		M1	M2	M3
Peso de la muestra secada al horno (a)				
Peso de la muestra sss (b)				
Peso muestra saturada en el agua + canastilla (g)				
Peso de la canastilla (g)				
Peso de la muestra saturado bajo el agua (c)				
Peso específico de masa = $a/(b-c)$				
peso específico de masa sss = $b/(b-c)$				
Peso Específico Aparente S.S.S. = $a/(a-c)$				
Porcentaje de absorción = $(b-a)/a \cdot 100$				
Promedio				

Fuente: Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

**Figura N° 17**  
Ficha de Peso Específico del Agregado Fino

 <p><b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
	FORMATO			
	<b>PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO</b>			
(NTP 400.022)				
MATERIAL :		MUESTRA :		
SEDE:		FECHA DE MUESTREO :		
PROCEDENCIA:		FECHA DE INGRESO :		
ANALIZADO POR:		FECHA DE ANALISIS :		
N° Ensayo		M 1	M 2	M 3
(A) Peso muestra SSS (g)				
(B) Peso Picnómetro + agregado SSS + agua (g)				
(C) Peso Picnómetro + agua (g)				
(D) Peso de bandeja (g)				
(E) Peso de bandeja + agregado seco				
(F) Peso muestra seca en horno (E-D)				
(G) Volumen agregado S.S.S. = $(A) + (C) - (B)$				
Peso Específico de masa seca = $(F) / (G)$				
Peso Específico de masa S.S.S. = $(A) / (G)$				
Peso Específico Aparente S.S.S. = $(F) / [(F) - (A) + (G)]$				
Humedad de Absorción = $[(A) - (F)] / (F) \cdot 100$				
Promedio:				

Fuente: Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

## Materiales

Los materiales e instrumentos que se utilizaron fueron:

- Agregado grueso y fino de la cantera Pampa Azul Pucará – Lurín.
- Ceniza de cascarilla de arroz Rioja – San Martín.
- Cemento Portland tipo I – Cemento Sol.
- Agua.
- Balanzas electrónicas de capacidad máxima de 500 gr y 80 kg.
- Juego de tamices.
- Horno y/o estufa de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Recipientes, bandejas, baldes y taras.
- Palas y cucharones metálicos de mano.
- Varilla cilíndrica de acero y martillo de goma.
- Calibre y cinta métrica.
- Frasco Chatelier de 500 ml.
- Cesta con malla de alambre
- Molde cónico y barra compactadora.
- Moldes cilíndricos de PVC.
- Cono de Abrams.
- Trompo mezclador.
- Piscina de curado para probetas.
- Cámara fotográfica y de videos.
- Fichas de formatos.
- Computadora y cuadernos de apuntes.

## **Análisis de datos**

Utilizando las fichas de trabajo de recolección de datos, los materiales mencionados y con ayuda del software de Excel, se elaboraron tablas y gráficos para poder determinar la influencia de la variable independiente que es la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento sobre la variable dependiente, con el propósito de poder procesar datos y someterlos a análisis de comparación y así mismo poder responder la pregunta de investigación.

## **Procedimiento**

En el proceso experimental de esta investigación se utilizarán con el apoyo de las guías de laboratorio respaldado por las normas técnicas peruanas (NTP) y el método ACI 211.1 plasmando y detallando los resultados a continuación:

**Figura N° 18**  
Paso del Desarrollo Experimental de la Investigación

**INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO  
REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO A LA RESISTENCIA EN LA  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Obtención de los materiales para la elaboración del concreto:

- Agregado grueso y fino.
- Ceniza de cascarilla de arroz.
- Cemento

**PASO**  
**01**



**PASO**  
**02**

Realización de los ensayos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte:

- Granulometría
- Contenido de Humedad
- Peso Unitario
- Peso Específico



Recopilación de datos y creación del diseño de mezcla de concreto por el método ACI 211.1-91.

**PASO**  
**03**



**PASO**  
**04**

Desarrollo de ensayo de concreto fresco:

- Asentamiento slump

Realización de la mezcla de concreto para proceder al vaciado de probetas.

**PASO**  
**05**



**PASO**  
**06**

Tiempo de secado para desmoldar los especímenes cilíndricos para continuidad de curado respectivo de 7, 14 y 28 días.

Desarrollo de ensayo de concreto endurecido:

- Esfuerzo a la compresión de los 36 especímenes cilíndricos de concreto.

**PASO**  
**07**



**PASO**  
**08**

Analizar, evaluar y concluir en gabinete de los datos conseguidos en el laboratorio.

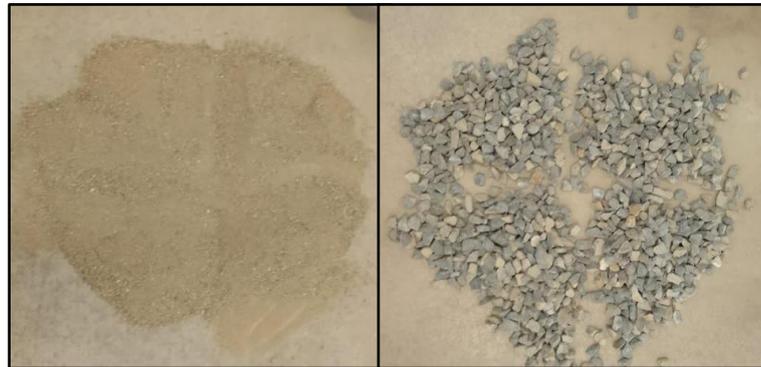
*Fuente: Elaboración Propia.*

## Paso N° 01: Obtención de los Materiales para la Elaboración del Concreto

- **Agregado Grueso y Agregado Fino:**

Los agregados grueso y fino fueron adquiridos de la ferretería “MAFECU”, material proveniente de la cantera Pampa Azul ubicado en la quebrada Pucará, en Lurín de la provincia de Lima, se escogió los agregados de dicha cantera por la cantidad de reseñas positivas encontradas en su página web, donde se manifiesta que son de mejor calidad, brindan mejores características físicas y mecánicas en la mezcla del concreto y tienen concientización con el cuidado del medio ambiente. Obtenidos los materiales se procedió con el acarreo hasta el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, sede Breña ubicado en la Av. Tingo María 1122 Breña, donde se procederá a realizar los ensayos concernientes a la presente investigación.

**Figura N° 19**  
Agregado Fino y Grueso



*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Ceniza de Cascarilla de Arroz:**

La adquisición de la cascarilla de arroz es de la provincia de Rioja (parte baja), departamento de San Martín, así mismo se realizó el incinerado de forma casera a una temperatura de  $\pm 800^\circ\text{C}$  durante un tiempo de 1 hora aproximadamente hasta visualizar la descomposición orgánica del material.

**Figura N° 20**  
Cascarilla y Ceniza de Arroz



*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Elección del Cemento:** Se trabajará con el “Cemento Sol” Portland tipo I, ya que es apropiado para todo tipo de uso donde no se requiera propiedades especiales.

**Figura N° 21**  
Cemento Sol Tipo I



*Fuente: Promart Homecenter.*

**Paso N° 02: Ensayos en el Laboratorio**

- **Ensayo Granulométrico (NTP 400.012):**

El ensayo tiene como fin determinar la distribución por tamaño de partículas del agregado fino y grueso por tamiz para así proporcionar los datos necesarios para un diseño de mezcla adecuada, del mismo modo encontrarnos dentro de los parámetros determinados. La norma nos brinda los números de tamices para realizar el ensayo del agregado grueso (Tabla N° 06) y el ensayo del agregado fino (Tabla N° 07). (NTP 400.012).

**Tabla N° 06**  
Tamices para Agregado Grueso

<b>Tamices o Malla</b>	
<b>Abertura (mm)</b>	<b>N°</b>
50.00	2"
37.50	1 1/2"
25.00	1"
19.00	3/4"
12.50	1/2"
9.50	3/8"
<b>Cazoleta</b>	

*Fuente: NTP 400.012, 2001*

**Tabla N° 07**  
Tamices para Agregado Fino

<b>Tamices o Malla</b>	
<b>Abertura (mm)</b>	<b>N°</b>
4.75	4
2.36	8
1.18	16
0.60	30
0.30	50
0.15	100
0.007	200
<b>Cazoleta</b>	

*Fuente: NTP 400.012, 2001*

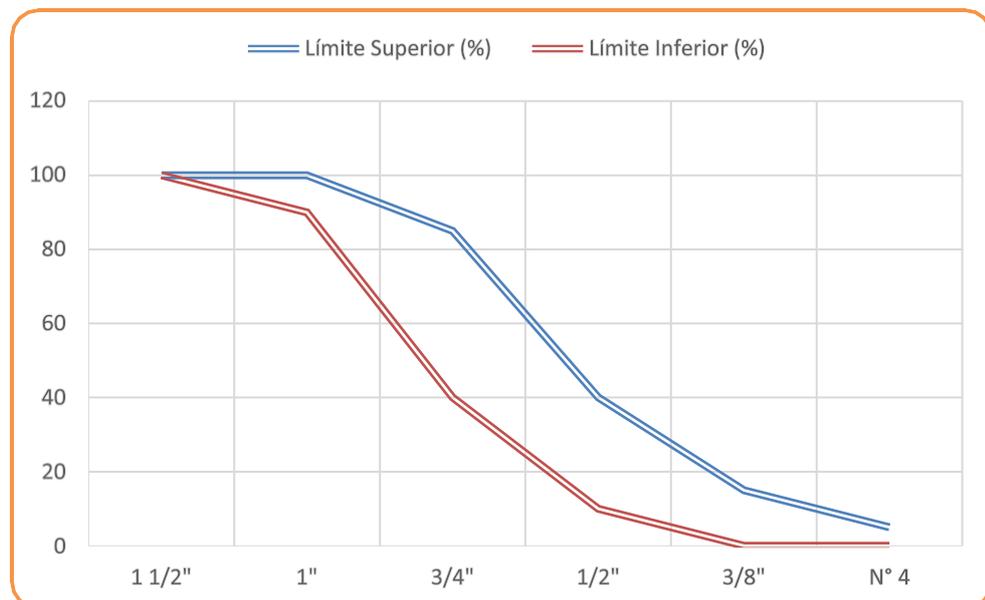
Además, debemos de verificar si el material es bien gradado, el cual vamos a utilizar los parámetros que nos indica la norma en relación con el agregado grueso (Tabla N° 08) y agregado fino (Tabla N° 09).

**Tabla N° 08**  
Límites de Gradación del Agregado Grueso

Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Límite Superior (%)	Límite Inferior (%)
1 1/2"	37.50	100.00	100.00
1"	25.00	100.00	90.00
3/4"	19.00	85.00	40.00
1/2"	12.50	40.00	10.00
3/8"	9.50	15.00	0.00
N° 4	4.75	5.00	0.00

Fuente: NTP 400.012, 2001

**Figura N° 22**  
Límites Granulométricos del Agregado Grueso



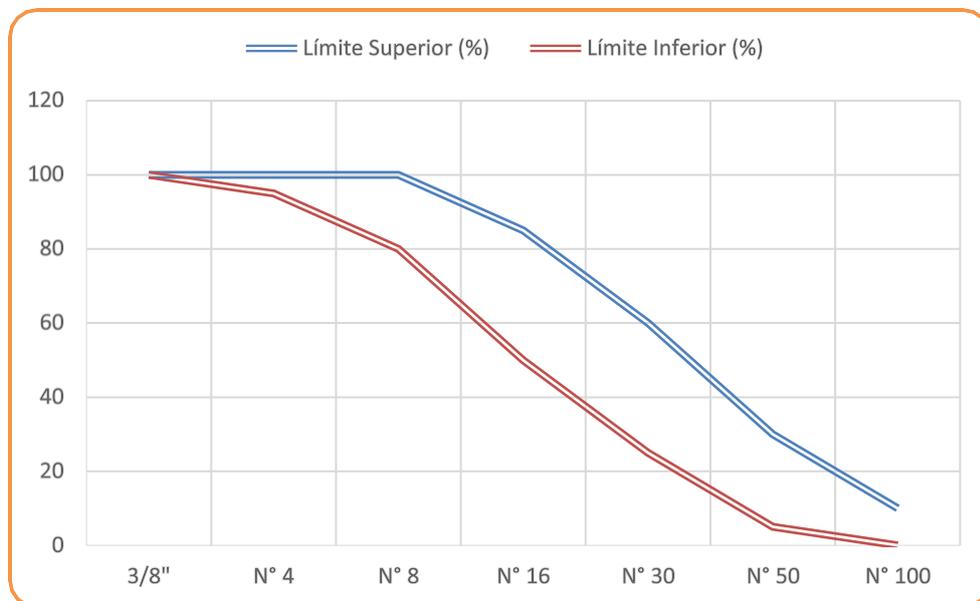
Fuente: NTP 400.012, 2001

**Tabla N° 09**  
Límites de Gradación del Agregado Fino

Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Límite Superior (%)	Límite Inferior (%)
3/8"	9.50	100.00	100.00
N° 4	4.75	100.00	95.00
N° 8	2.36	100.00	80.00
N° 16	1.18	85.00	50.00
N° 30	0.60	60.00	25.00
N° 50	0.30	30.00	5.00
N° 100	0.15	10.00	0.00

Fuente: NTP 400.012, 2001

**Figura N° 23**  
Límites Granulométricos del Agregado Fino



Fuente: NTP 400.012, 2001

Teniendo en cuenta lo expuesto, ya contamos con una información sólida para realizar nuestro proceso experimental el cual seguirá el procedimiento de la norma técnica peruana 400.012.

**a. Granulometría del Agregado Grueso:**

- Comenzamos tomando la muestra para su respectivo secado, el cual fue de poco tiempo ya que el agregado estaba casi seco al 100%, pero según la norma indica que debe de ser un secado de 24 horas a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Posterior se tomó de la muestra seca 2 000 gr., ya que la norma indica que es la cantidad mínima para poder realizar la experimentación.
- Se trabajará con los tamices de 1 1/2”, 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8” y N° 4.
- Agregamos el material en el primer tamiz de poco en poco realizando movimientos consecutivos de vaivén para obtener un correcto tamizado.
- Para finalizar, retiramos los tamices y pesamos la muestra retenida por cada una de ellas.
- En este caso, no se ha recopilado datos del ensayo puesto que en el mercado ya se vende tamaños estándares de la piedra chancada y en esta investigación se trabajará con la piedra de 3/4”.

**b. Granulometría del Agregado Fino**

- Primero, realizamos el secado de la muestra que es de 24 horas, en el horno a temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . (Figura N° 24).

- De la muestra seca, retiramos 600 gr. teniendo en cuenta que la norma nos menciona que como mínimo deberían de 300 gr. por ende estamos cumpliendo de los parámetros de la norma. (Figura N° 25).

**Figura N° 24**

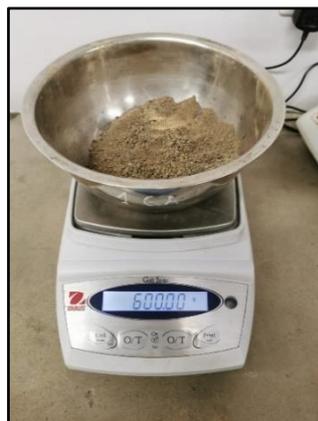
Muestra Ingresando al Horno a una Temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Trabajaremos con los tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200. (Figura N° 26).

**Figura N° 25**  
Peso de la Muestra



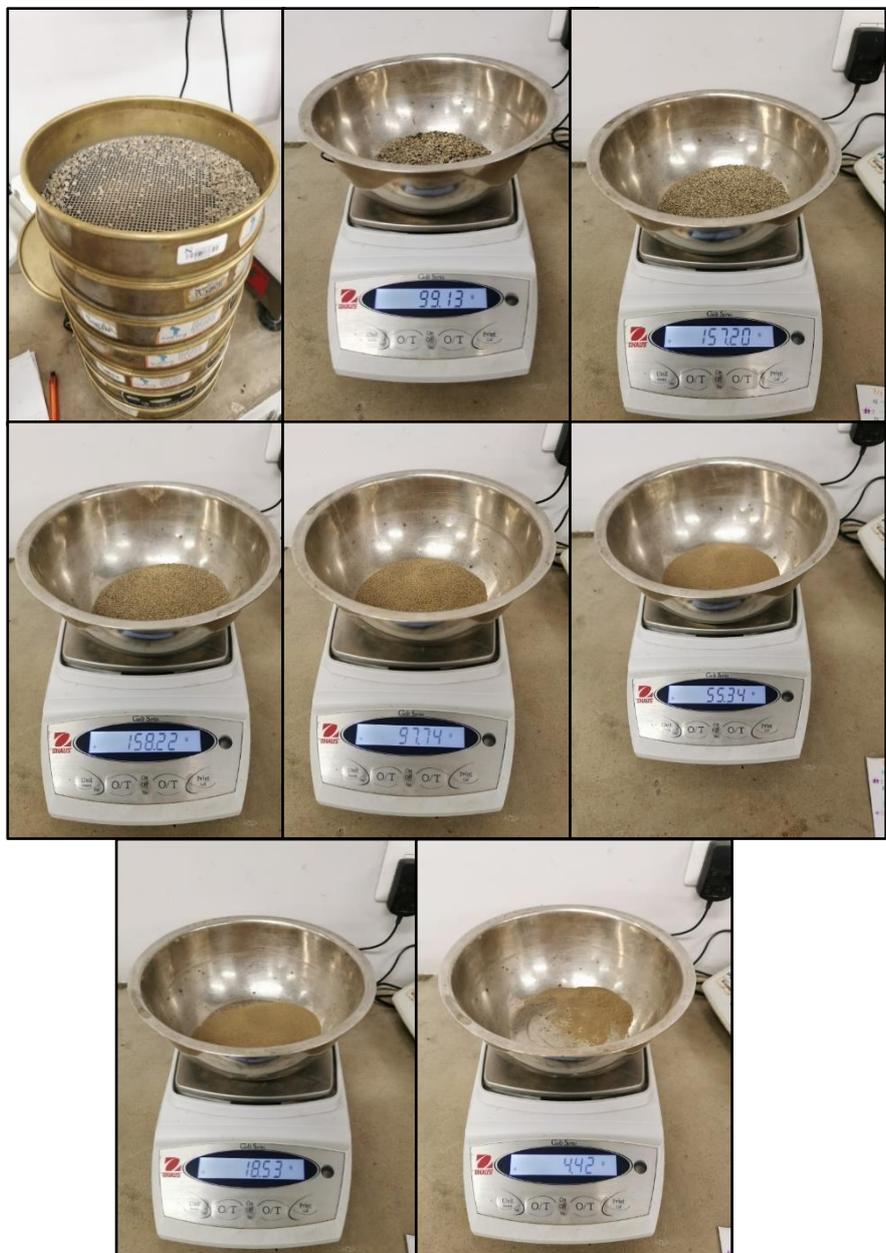
**Figura N° 26**  
Tamices



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Agregamos el material en el primer tamiz de poco en poco realizando movimientos consecutivos de vaivén para obtener un correcto tamizado.
- Para finalizar, retiramos los tamices y pesamos la muestra retenida por cada una de ellas. (Figura N° 27).

**Figura N° 27**  
Peso del Material Retenido por los Tamices



Fuente: Elaboración Propia

- Se mostrará los resultados obtenidos del ensayo del agregado fino en la Tabla N° 10.

**Tabla N° 10**  
Granulometría del Agregado Fino

Tamiz	Abertura del Tamiz (mm)	Peso Retenido (g.)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
3/8"	9.50	00.00	00.00	00.00	100.00
N° 4	4.75	6.83	1.14	1.14	98.86
N° 8	2.36	99.13	16.59	17.74	82.26
N° 16	1.18	157.20	26.31	44.05	55.95
N° 30	0.60	158.22	26.48	70.53	29.47
N° 50	0.30	97.74	16.36	86.90	13.10
N° 100	0.15	55.34	9.26	96.16	3.84
N° 200	0.075	18.53	3.10	99.26	0.74
<b>FONDO</b>		4.42	0.74	100.00	00.00
<b>TOTAL</b>		597.41	100.00		

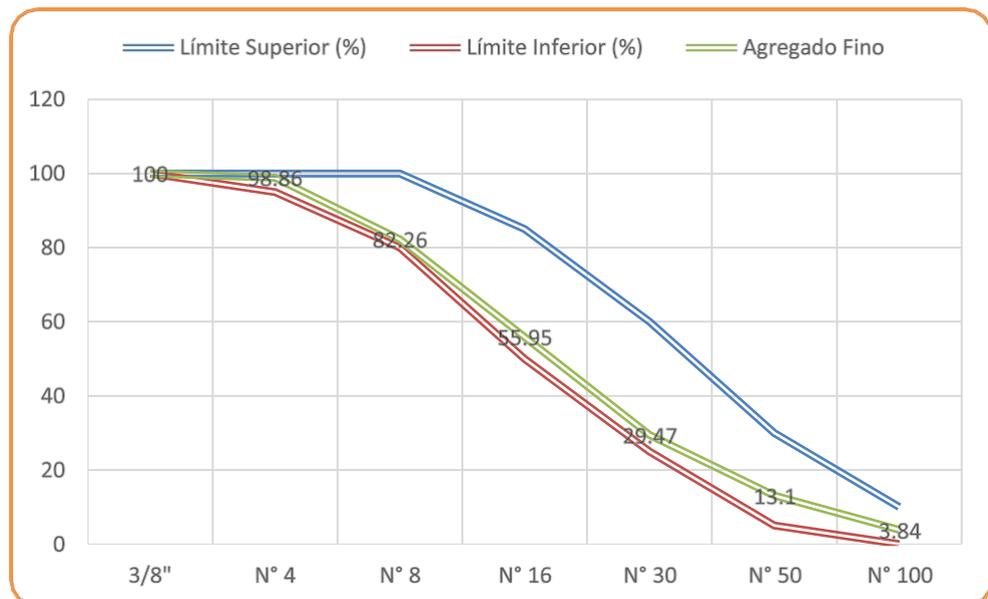
*Fuente: Elaboración Propia.*

- Teniendo los resultados en un cuadro resumen, podemos identificar el Módulo de Fineza (MF) del agregado, considerando los tamices que indica la NTP, los cuales son: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acomulado}}{100}$$

$$MF = 3.12$$

**Figura N° 28**  
Gráfica de la Granulometría del Agregado Fino



Fuente: *Elaboración Propia.*

- En la gráfica granulométrica (Figura N° 28), la curva del agregado fino se encuentra dentro de los límites, así mismo el módulo de fineza que es de 3.1, que está dentro del rango. Con los resultados obtenidos, se está alcanzando que la distribución de la muestra es la adecuado siguiendo los parámetros de la NTP 400.012.

### c. Granulometría de la Ceniza de Cascarilla de Arroz

- Antes de comenzar con el ensayo es importante mencionar que no existe una norma de granulometría para la ceniza de cascarilla de arroz, sin embargo, se seguirá el procedimiento de la NTP 400.012 sin considerar el desarrollo de los cálculos.
- Para comenzar, debemos de tener la muestra seca y separar 500 gr. teniendo en cuenta que la norma nos menciona que como mínimo deberían de 300 gr. por ende estamos cumpliendo de los parámetros de dicha mención. (Figura N° 29).

**Figura N° 29**  
Peso de la Muestra



*Fuente: Elaboración Propia*

- Trabajaremos con los tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- Agregamos el material en el primer tamiz de poco en poco realizando movimientos consecutivos de vaivén para obtener un correcto tamizado. (Figura N° 30).

**Figura N° 30**  
Material Ingresado en los Tamices



*Fuente: Elaboración Propia*

- Para finalizar, retiramos los tamices y pesamos la muestra retenida por cada una de ellas. (Figura N° 31).

**Figura N° 31**  
Peso del Material Retenido por los Tamices



*Fuente: Elaboración Propia*

- Se mostrará los resultados obtenidos del ensayo de la ceniza de cascarilla de arroz en la Tabla N° 11.

**Tabla N° 11**  
Granulometría de la Ceniza de Cascarilla de Arroz

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura del Tamiz (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g.)</b>	<b>Peso Retenido (%)</b>	<b>Retenido Acumulado (%)</b>	<b>Pasante Acumulado (%)</b>
3/8"	9.50	00.00	00.00	00.00	100.00
N° 4	4.75	00.00	00.00	00.00	100.00
N° 8	2.36	1.78	0.37	0.37	99.63
N° 16	1.18	34.81	6.96	7.33	92.67
N° 30	0.60	173.25	34.65	41.98	58.02
N° 50	0.30	128.32	25.66	67.64	32.36
N° 100	0.15	130.96	26.19	93.83	6.17
N° 200	0.075	19.08	3.82	97.65	2.35
<b>FONDO</b>		11.80	2.35	100.00	00.00
<b>TOTAL</b>		500.00	100.00		

*Fuente: Elaboración Propia*

#### d. Granulometría del Cemento

- Antes de empezar con el ensayo granulométrico es importante indicar que no existe una norma de granulometría para el cemento, no obstante, se seguirá el procedimiento de la NTP 400.012 sin tener en cuenta el desarrollo de los cálculos.
- Para dar inicio al ensayo, debemos de tener la muestra seca y separar 500 gr. (Figura N° 32).

**Figura N° 32**  
Peso de la Muestra



*Fuente: Elaboración Propia*

- Trabajaremos con los tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- Agregamos el material en el primer tamiz de poco en poco realizando movimientos consecutivos de vaivén para obtener un correcto tamizado.
- Para finalizar, retiramos los tamices y pesamos la muestra retenida por cada una de ellas. (Figura N° 33).

**Figura N° 33**  
Peso del Material Retenido por los Tamices



*Fuente: Elaboración Propia*

- Se mostrará los resultados obtenidos del ensayo del cemento en la Tabla N° 12.

**Tabla N° 12**  
 Granulometría del Cemento

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura del Tamiz (mm)</b>	<b>Peso Retenido (g.)</b>	<b>Peso Retenido (%)</b>	<b>Retenido Acumulado (%)</b>	<b>Pasante Acumulado (%)</b>
3/8"	9.50	00.00	00.00	00.00	100.00
N° 4	4.75	00.00	00.00	00.00	100.00
N° 8	2.36	00.00	00.00	00.00	100.00
N° 16	1.18	12.78	2.56	2.56	97.44
N° 30	0.60	15.84	3.17	5.73	94.27
N° 50	0.30	70.77	14.15	19.88	80.12
N° 100	0.15	323.37	64.67	84.55	15.45
N° 200	0.075	59.03	11.81	96.36	3.64
<b>FONDO</b>		18.21	3.64	100.00	00.00
<b>TOTAL</b>		500.00	100.00		

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Contenido de Humedad (NTP 339.185):**

Como objetivo principal de este ensayo es determinar el porcentaje total de humedad evaporable en la muestra del agregado fino y grueso. Para su cálculo de contenido de humedad total evaporable es de la siguiente manera:

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

- a. **Contenido de Humedad del Agregado Grueso**

- Primero pesamos la muestra del agregado grueso húmedo 1 105 gr. (Figura N° 34).

**Figura N° 34**

Peso de la Muestra del Agregado Grueso Húmedo



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Posteriormente lo llevamos al horno en una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . (Figura N° 35) en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado.

**Figura N° 35**  
Muestra del Agregado Grueso en el Horno



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Después del tiempo establecido en el horno, se procede a realizar el peso de la muestra seca. (Figura N° 36).

**Figura N° 36**  
Peso de la Muestra del Agregado Grueso Seco



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Obteniendo los resultados, se procederá a realizar el cálculo del porcentaje de contenido de humedad en la Tabla N° 13.

**Tabla N° 13**  
Resultados del Agregado Grueso

Agregado Grueso		
Descripción	Unidad	Cantidad
Peso de la muestra húmeda (W)	gr.	1 105
Peso de la muestra seca (D)	gr.	1 102
Contenido de humedad (P)	%	0.27

*Fuente: Elaboración Propia.*

**b. Contenido de Humedad del Agregado Fino**

- Primero pesamos la muestra del agregado fino húmedo 500 gr. (Figura N° 37).

**Figura N° 37**  
Peso de la Muestra del Agregado Fino Húmedo



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Posteriormente lo llevamos al horno en una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . (Figura N° 38) en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado.

**Figura N° 38**  
Muestra del Agregado Fino en el Horno



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Después del tiempo establecido en el horno, se procede a realizar el peso de la muestra seca. (Figura N° 39).

**Figura N° 39**  
Peso de la Muestra del Agregado Fino Seco + Tara



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Obteniendo los resultados, se procederá a realizar el cálculo del porcentaje de contenido de humedad en la Tabla N° 14.

**Tabla N° 14**  
Resultados del Agregado Fino

<b>Agregado Fino</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra húmeda (W)	gr.	500
Peso de la muestra seca (D)	gr.	489.52
Contenido de humedad (P)	%	2.14

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Peso Unitario (NTP 400.017):**

Este ensayo determina la densidad de la masa del agregado grueso y fino en condición suelto y compactado con el fin de calcular los vacíos entre partículas en el agregado grueso y fino o una combinación de ambas. Para poder calcular la densidad de la masa por los procedimientos suelto y compactados aplicando lo siguiente:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

M = Densidad de masa del agregado (kg/m<sup>3</sup>).

G = Peso de la masa (kg).

T = Peso del recipiente (kg).

V = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>).

**a. Peso Unitario del Agregado Grueso – Suelto**

- Como primer paso debemos de obtener la muestra seca para su trabajabilidad.
- Seguidamente, vamos a homogeneizar la muestra y utilizaremos el método del cuarteo, trabajando con los dos extremos para realizar el ensayo como indica la NTP 339.089. (Figura N° 40).

**Figura N° 40**

Cuarteo del Agregado Grueso Suelto



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Realizaremos el vaciado de la muestra al recipiente, dejando una altura de 5 cm por encima del borde superior del mismo, dejando caer el material de tal forma que, de un golpe seco hasta lograr que rebalse. (Figura N° 41).

**Figura N° 41**  
Llenado del Agregado Grueso al Recipiente



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Con ayuda de una varilla sin causar presión retiramos el exceso del material, dejando la muestra al ras del recipiente. (Figura N° 42).

**Figura N° 42**  
Retiro del Exceso del Material



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Pesamos el material más el recipiente (Figura N° 43) y registramos el dato para sus próximos cálculos. (Tabla N° 15).

**Figura N° 43**  
Peso del Agregado Grueso Suelto



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 15**  
Resultado del Ensayo de Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso

<b>Agregado Grueso – Suelto</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra suelta + recipiente (G + T)	kg.	18.48
Peso del recipiente (T)	kg.	4.88
Peso de la muestra suelta (G)	kg.	13.60
Volumen del recipiente (V)	$\text{m}^3$	0.00945
Peso unitario suelto (M)	$\text{kg/m}^3$	1 439.15

*Fuente: Elaboración Propia.*

- Finalmente, con los datos ya recopilados y la operación realizada decimos que el peso unitario suelto del agregado grueso es  $1\ 439.15 \text{ kg/m}^3$ .

**b. Peso Unitario del Agregado Grueso – Compactado**

- Como primer paso debemos de obtener la muestra seca para su trabajabilidad.
- Seguidamente, vamos a homogeneizar la muestra y utilizaremos el método del cuarteo, trabajando con los dos extremos para realizar el ensayo como indica la NTP 339.089. (Figura N° 44).

**Figura N° 44**  
Cuarteo del Agregado Grueso Compactado



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Realizaremos el vaciado de la muestra al recipiente, dejando una altura de 5 cm por encima del borde superior del mismo.
- Llenaremos el recipiente en 3 capas aproximadamente iguales y nivelaremos en cada capa su superficie con los dedos con el fin de darle continuidad al procedimiento del apisonado, donde por cada capa se darán 25 golpes uniformemente distribuidos con la varilla. La caída del material debe de ser de tal forma que, de un golpe seco. (Figura N° 45).

**Figura N° 45**  
Apisonamiento del Agregado Grueso



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Con ayuda de una varilla causando presión retiramos el exceso del material, dejando la muestra al ras del recipiente. (Figura N° 46).

**Figura N° 46**  
Retiro del Exceso del Material



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Pesamos el material más el recipiente (Figura N° 47) y registramos el dato para sus próximos cálculos. (Tabla N° 16).

**Figura N° 47**  
Peso del Agregado Grueso Compactado



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 16**  
Resultados del Ensayo de Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

<b>Agregado Grueso – Compactado</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra compactado + recipiente (G + T)	kg.	19.94
Peso del recipiente (T)	kg.	4.88
Peso de la muestra compactada (G)	kg.	15.06
Volumen del recipiente (V)	m <sup>3</sup>	0.00945
Peso unitario compactado (M)	kg/m <sup>3</sup>	1 593.65

*Fuente: Elaboración Propia.*

- Finalmente, con los datos ya recopilados y la operación realizada decimos que el peso unitario compactado del agregado grueso es de  $1593.65 \text{ kg/m}^3$ .

### c. Peso Unitario del Agregado Fino – Suelto

- Como primer paso debemos de obtener la muestra seca para su trabajabilidad.
- Seguidamente, vamos a homogeneizar la muestra y utilizaremos el método del cuarteo, trabajando con los dos extremos para realizar el ensayo como indica la NTP 339.089. (Figura N° 48).

**Figura N° 48**  
Cuarteo del Agregado Fino Suelto



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Realizaremos el vaciado de la muestra al recipiente, dejando una altura de 5 cm por encima del borde superior del mismo, dejando caer el material de tal forma que, de un golpe seco hasta lograr que rebalse. (Figura N° 49).

**Figura N° 49**  
Llenado del Agregado Fino al Recipiente



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Con ayuda de una varilla sin causar presión retiramos el exceso del material, dejando la muestra al ras del recipiente. (Figura N° 50).

**Figura N° 50**  
Retiro de Exceso del Material



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Pesamos el material más el recipiente (Figura N° 51) y registramos el dato para sus próximos cálculos. (Tabla N° 17).

**Figura N° 51**  
Peso del Agregado Fino Suelto



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 17**  
Resultado del Ensayo de Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

<b>Agregado Fino – Suelto</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra suelta + recipiente (G + T)	kg.	6.26
Peso del recipiente (T)	kg.	1.55
Peso de la muestra suelta (G)	kg.	4.711
Volumen del recipiente (V)	$\text{m}^3$	0.00285
Peso unitario suelto (M)	$\text{kg/m}^3$	1 654.84

*Fuente: Elaboración Propia.*

- Finalmente, con los datos ya recopilados y la operación realizada decimos que el peso unitario suelto del agregado grueso es  $1654.84 \text{ kg/m}^3$ .

#### **d. Peso Unitario del Agregado Fino – Compactado**

- Como primer paso debemos de obtener la muestra seca para su trabajabilidad.
- Seguidamente, vamos a homogeneizar la muestra y utilizaremos el método del cuarteo, trabajando con los dos extremos para realizar el ensayo como indica la NTP 339.089. (Figura N° 52).

**Figura N° 52**  
Cuarteo del Agregado Fino Compactado



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Realizaremos el vaciado de la muestra al recipiente, dejando una altura de 5 cm por encima del borde superior del mismo. (Figura N° 53).

**Figura N° 53**  
Llenado del Agregado Fino al Recipiente



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Llenaremos el recipiente en 3 capas aproximadamente iguales y nivelaremos en cada capa su superficie con los dedos con el fin de darle continuidad al procedimiento del apisonado, donde por cada capa se darán 25 golpes uniformemente distribuidos con la varilla. La caída del material debe de ser de tal forma que, de un golpe seco. (Figura N° 54).

**Figura N° 54**  
Apisonamiento del Agregado Fino



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Con ayuda de una varilla causando presión retiramos el exceso del material, dejando la muestra al ras del recipiente. (Figura N° 55).

**Figura N° 55**  
Retiro de Exceso de Material



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Pesamos el material más el recipiente (Figura N° 56) y registramos el dato para sus próximos cálculos. (Tabla N° 18).

**Figura N° 56**  
Peso del Agregado Fino Compactado



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 18**  
Resultados del Ensayo de Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

<b>Agregado Grueso – Compactado</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra compactado + recipiente (G + T)	kg.	6.819
Peso del recipiente (T)	kg.	1.55
Peso de la muestra compactada (G)	kg.	5.269
Volumen del recipiente (V)	$\text{m}^3$	0.00285
Peso unitario compactado (M)	$\text{kg/m}^3$	1 850.60

*Fuente: Elaboración Propia.*

- Finalmente, con los datos ya recopilados y la operación realizada decimos que el peso unitario compactado del agregado grueso es de  $1\ 850.60 \text{ kg/m}^3$ .

- **Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso (NTP 400.021):**

El ensayo determina identificar el peso específico aparente, nominal y la cantidad de absorción del agregado después de 24 horas sumergido en el agua con el fin de conocer los volúmenes que ocupará el agregado en el concreto de manera más precisa que nos facilitará a realizar un diseño de mezcla con

mayor precisión. Para poder calcular los datos del ensayo aplicaremos lo siguiente:

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Peso Específico Aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Absorción\%} = \left( \frac{B - A}{A} \right) \times 100$$

A = Masa de la muestra secada al horno en aire (g.).

B = Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire (g.).

C = Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua (g.).

#### **a. Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Grueso**

- Primero cuarteamos el material y utilizamos los extremos del cuarteo como indica la NTP 339.089.
- Llevamos al horno a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado, dejando enfriar a temperatura ambiente en un tiempo de 3 a 4 horas.
- Seguidamente pasaremos nuestra muestra por la malla N° 4 y todo lo retenido por el tamiz se utilizará para trabajar en el ensayo.
- Según la NTP 400.021, nos indica que el retenido por el tamiza N° 4, es un tamaño máximo nominal de 1/2, así que la cantidad

mínima de la muestra debe de ser de 2 000 g. el cual nosotros trabajaremos con 2 100 g. (Figura N° 57).

**Figura N° 57**  
Peso del Agregado Grueso



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Posteriormente lavaremos la muestra hasta eliminar en su totalidad el polvo u otras sustancias adheridas a la superficie de agregado grueso. (Figura N° 58).

**Figura N° 58**  
Lavado de la Muestra



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Llevamos al horno a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . (Figura N° 59) en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado.

**Figura N° 59**  
Muestra Lavada e Ingresada en el Horno



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Pasado el tiempo establecido en el horno, retiramos la muestra y dejamos secar entre 1 a 3 horas para que seguidamente lo sumerjamos en agua por 24 hora. (Figura N° 60).

**Figura N° 60**  
Muestra Seca Saturada por 24 horas



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Después de cumplir con el procedimiento anterior, retiramos el agua de la muestra para poder secar el agregado grueso y con ayuda de un paño absorbente hasta que se elimine el agua superficial visible. (Figura N° 61).

**Figura N° 61**  
Secado de la Muestra con Paño Absorbente



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Teniendo la muestra superficialmente seca, procederemos registrar su peso.
- Seguidamente colocaremos la muestra en una canastilla metálica, con el objetivo de registrar su peso sumergido en el agua a una temperatura de  $21^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$  y el peso unitario de  $0.997 \pm 0.002 \text{ g/cm}^3$  según la NTP 400.021. (Figura N° 62).

**Figura N° 62**  
Muestra Sumergida en el Agua Mediante una Malla Metálica



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Retiramos la muestra de la canastilla y lo trasladamos a un recipiente para que vaya directamente al horno en una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado. (Figura N° 63).

**Figura N° 63**  
Muestras Retirada de la Malla Metálica para su Ingreso al Horno



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Finalmente retiramos la muestra del horno y registramos el peso seco (Figura N° 64) para así realizar los cálculos respectivos. (Tabla N° 19 y 20).

**Figura N° 64**  
Muestra Retirada del Horno



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 19**  
Datos Recopilados del Ensayo

<b>Datos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Masa de la muestra secada al horno en aire. (A).	g.	2 305.86
Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire. (B).	g.	2 318.00
Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua. (C).	g.	1 481.00

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 20**  
 Resultados del Peso Específico y % de Absorción del Agregado Grueso

<b>Resultados</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso Específico Aparente (S.S.S.)	g.	2.77
Peso Específico Aparente	g.	2.76
Absorción	%.	0.53

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Fino (NTP 400.022):**

Este ensayo determinará identificar el peso específico y absorción del agregado con el fin con fin de conocer los volúmenes que ocupará el agregado en el concreto de tal manera tener precisión al realizar el diseño de mezcla.

Para poder calcular los datos del ensayo aplicaremos lo siguiente:

$$\text{Densidad Relativa (Pe)} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad Relativa (Pe S.S.S.)} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{Absorción \%} = \left( \frac{S - A}{A} \right) \times 100$$

A = Masa de la muestra secada al horno (g.).

B = Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (g.).

C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (g.).

S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizando en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para a absorción con ambos procedimientos) (g.).

**a. Peso Específico y Porcentaje de Absorción de Agregado Fino**

- Primero cuarteamos el material y utilizamos los extremos del cuarteo como indica la NTP 339.089.
- Seguidamente llevamos al horno a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado.
- Pesaremos 500 g. de la muestra, dejando saturar por 24 horas. (Figura N° 65).

**Figura N° 65**  
Muestra Seca Saturada por 24 horas



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Cumpliendo con la hora indica en el paso anterior, pasamos a la decantación del agua del agregado fino. (Figura N° 66).

**Figura N° 66**  
Decantación del Agua del Agregado Fino



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Seguidamente se colocará la muestra en una estufa para eliminar la humedad del material. (Figura N° 67).

**Figura N° 67**  
Agregado Fino en la Estufa para Eliminar Humedad



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Logrando un estado saturado superficialmente seco, pasaremos a colocar el agregado fino en el molde cónico para poder realizar el ensayo superficial de humedad.

- Colocaremos el molde firmemente en una superficie no absorbente y lisa, Llenamos el molde cónico con el agregado fino y con ayuda de una barra compactadora apisonaremos ligeramente la muestra en el molde con 25 golpes a una altura de 5 mm. (Figura N° 68).

**Figura N° 68**  
Apisonamiento del Agregado Fino



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Retiramos el exceso de agregado fino de la base externa del molde cónico y levantamos verticalmente la misma. Si se presencia que la muestra aún mantiene su forma es porque aún hay presencia de humedad, pero si observamos una ligera caída nos indica que el agregado fino se encuentra en un estado de superficie seca. (Figura N° 69).

**Figura N° 69**  
Retiro del Molde Cónico



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Subsiguientemente pasaremos a trabajar con el picnómetro, donde registraremos como dato inicial su peso y separamos 500 g. del agregado fino.
- Llenamos parcialmente el picnómetro con agua, hasta su marca de calibración. (Figura N° 70).

**Figura N° 70**  
Peso del Picnómetro con Agua



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Consecutivamente introduciremos el agregado fino saturada seco superficialmente al picnómetro y llenar agua adicional hasta el 90% aproximadamente de su capacidad aprovechando en limpiar las paredes del instrumento. (Figura N° 71).

**Figura N° 71**  
Limpiando los Residuos del Agregado Fino con Agua



*Fuente: Elaboración Propia.*

- No teniendo ningún residuo en las paredes del picnómetro vamos a rodar, agitar o invertir manualmente el picnómetro, con el fin de eliminar las burbujas de aire visibles. (Figura N° 72).

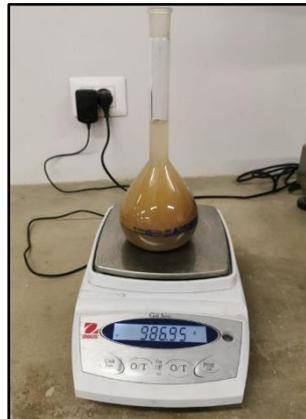
**Figura N° 72**  
Rotación del Picnómetro para el Eliminar sus Burbujas de Aire



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Teniendo como finalizado el anterior paso, pasamos a registrar la masa total del picnómetro, el agregado fino y el agua. (Figura N° 73).

**Figura N° 73**  
Peso del Picnómetro + Agregado Fino + Agua



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Retiramos el agregado fino del picnómetro y lo llevamos al horno a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  en un tiempo de 24 horas para poder ser retirado.
- Para finalizar retiramos la muestra del horno y registramos el peso seco del agregado fino (Figura N° 74) para así realizar los cálculos respectivos. (Tabla N° 21 y 22).

**Figura N° 74**  
Agregado Fino Retirado del Horno



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 21**  
 Datos Recopilados del Ensayo

<b>Datos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Masa de la muestra secada al horno. (A).	g.	497.06
Masa del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración. (B).	g.	670.99
Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración. (C).	g.	986.95
Masa de la muestra de saturado superficialmente seca. (S).	g.	500.00

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 22**  
 Resultados del Peso Especifico y % de Absorción del Agregado Fino

<b>Resultados</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Densidad Relativa ( $Pe$ )	g.	2.72
Densidad Relativa ( $Pe \text{ S.S.S.}$ )	g.	2.70
Absorción	%.	0.59

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz:**

Es importante conocer la densidad de la ceniza de cascarilla de arroz para poder obtener datos precisos en nuestro diseño de mezcla del concreto, ya que este material reemplazará al cemento de manera proporcional. Sabemos que no existe una norma como tal, pero nos orientaremos de la NTP 334.005, ya que la ceniza de cascarilla de arroz reemplazará parcialmente el peso del cemento. Para ello realizaremos el siguiente calculo:

$$\text{Peso Específico (Pe)} = \frac{P_c}{V}$$

$P_c$  = Masa de la Ceniza de Cascarilla de arroz (g.).

$V$  = Volumen de líquido desplazado (ml.).

- a. **Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz**

- Primero llenaremos el frasco de chatelier con petróleo hasta 1 ml (Primera lectura). Si es necesario se debe de secar el interior del frasco por encima del líquido.
- Sumergimos a un baño de agua a temperatura de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  y registramos la primera lectura.
- Lentamente agregamos 20 g. de ceniza de cascarilla de arroz al frasco de chatelier, teniendo cuidado que se adhiera a las paredes.
- No teniendo ningún residuo en las paredes del frasco de chatelier vamos a rodar, agitar o invertir manualmente el picnómetro, con el fin de eliminar las burbujas de aire visibles.

- Finalmente sumergimos en agua a temperatura de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  el frasco de chatelier con el material insertado y registramos la lectura final. (Figura N° 75). Todos los datos recopilados lo registraremos en la Tabla N° 23 con nuestro resultado del ensayo.

**Figura N° 75**  
Registro de Lectura Final



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 23**  
Resultados del Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz

<b>Resultados</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Masa de la Ceniza de Cascarilla de Arroz. (Pc)	g.	20.00
Volumen de Líquido Desplazado	ml.	20.90
Peso Específico de la Ceniza de Cascarilla de Arroz. (Pe).	g/ml.	0.96

*Fuente: Elaboración Propia.*

### Paso N° 03: Elaboración del Diseño de Mezcla de Concreto por el Método ACI 211.1.

Para el desarrollo del diseño de mezcla aplicaremos los parámetros del método de ACI 211.1 (American Concrete Institute), donde nos brindará las proporciones adecuadas del cemento, agua, agregados y en este caso la ceniza de cascarilla de arroz, para producir un concreto resistente y duradero que efectúe con los requisitos específicos. Es conveniente enfatizar que este diseño se propuso para reemplazar el cemento sobre su peso parcial en 3 diferentes porcentajes.

- **Consideraciones para el Diseño**

Para comenzar el diseño debemos de conocer la resistencia promedio requerida y el reglamento nacional de edificaciones E.060 nos manifiesta que cuando no se tiene datos disponibles para establecer desviación estándar de la muestra se utilizará la Tabla N° 24 y para nuestro diseño de concreto utilizaremos  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por consecuente la resistencia promedio requerida a la comprensión es de  $f_{cr} = f_c + 8,5 \text{ kg/cm}^2$

**Tabla N° 24**

Resistencia Promedio a la Comprensión Requerida Cuando no Existe Datos

**Resistencia Promedio a la Comprensión Requerida Cuando no hay Datos Disponibles para Establecer una Desviación Estándar de la Muestra**

Resistencia Especificada a la Comprensión (Mpa)	Resistencia Promedio Requerida a la Comprensión (Mpa)
$f_c < 35$	$f_{cr} = f_c + 7,0$
$21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8,5$
$f_c > 35$	$f_{cr} = 1,1 f_c + 5,0$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E.060.

- **Información de los Materiales para el Diseño**

Recopilamos la información de los ensayos realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte. (Tabla N° 25).

**Tabla N° 25**  
Datos de los Materiales para el Diseño de Mezcla

<b>Datos de los Ensayos del Laboratorio</b>			
<b>Agregados</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>
Módulo de Fineza		3.12	-
Tamaño Máximo Nominal		-	3/4"
Contenido de Humedad	%	2.14	0.70
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1 654.84	1 439.15
Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1 850.60	1 593.65
Peso Específico	g/m <sup>3</sup>	2.72	2.76
Absorción	%	0.59	0.53

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Secuencia de Diseño de Mezcla según los Parámetros de ACI**

- Como primer paso, debemos de recopilar la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ ) ya identificada anteriormente, que es de  $f'_{cr} = 295 \text{ kg/m}^2$ .
- Seguidamente vamos a identificar el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.
- Con ayuda del a Tabla N° 26, vamos a elegir el asentamiento o slump, el cual, en nuestro caso son para estructuras verticales (Columnas).

**Tabla N° 26**  
 Asentamiento Recomendados para Diversos tipos de Estructuras

Tipo de Estructura	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y Muros de Cimentación Reforzadas	3”	1”
Cimentación Simples y Calzaduras	3”	1”
Vigas y Muros Armados	4”	1”
Columnas	4”	2”
Muros y Pavimentos	3”	1”
Concreto Ciclópeo	2”	1”

*Fuente: ACI 211.1.*

- Luego tenemos que identificar el volumen del agua de mezclado (Tabla N° 27) con ayuda de nuestra información del Slump y TMN y del contenido de aire (Tabla N° 28) teniendo la información del TMN.

**Tabla N° 27**  
Volumen del Agua por  $\text{m}^2$

Asentamiento	Agua en $\text{lt/m}^3$ para TNM agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Fuente: ACI 211.1.

**Tabla N° 28**  
Contenido de Aire Atrapado

TNM del Agregado Grueso	Aire Atrapado (%)
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: ACI 211.1.

- Tenemos que dar elección la relación de A/C (Agua y Cemento). (Tabla N° 29) por la comprensión o durabilidad.

**Tabla N° 29**  
Relación Agua/Cemento por Resistencia

F'c kg/cm <sup>2</sup>	Relación A/C en Peso	
	Concreto sin Aire	Concreto con Aire
	Incorporado	Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

*Fuente: ACI 211.1.*

- Como podemos apreciar en la Tabla N° 29, no se encuentra nuestra  $f'_{cr} = 295 \text{ kg/m}^2$ , por consecuente proseguiremos a interpolar para tener nuestra relación de agua/cemento y el valor del cálculo es: 0.557.
- Pasaremos a calcular el peso del cemento con la siguiente formula:

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{\text{Volumen del Agua}}{A/C}$$

- Después de realizar la operación, nuestro contenido del cemento es: 368.04 kg.
- Ahora calcularemos el volumen del cemento, siguiendo la siguiente formula:

$$\text{Vol. del Cemento} = \frac{\text{Peso del Cemento}}{\text{Peso Espef. del Cemento}}$$

- Realizamos el cálculo respectivo y nuestro resultado es: 0.117 m<sup>3</sup>.
- Hallaremos el volumen del agregado grueso seco y compactado por la unidad de volumen de concreto, para ello nos respaldaremos de la Tabla N° 30, debemos de tener en cuenta nuestro MF y TMN según los ensayos desarrollados.

**Tabla N° 30**  
 Volumen del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto

<b>TNM del agregado grueso</b>	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulo de Fineza del fino ( $b/b_o$ )			
	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>
	3/8”	0.50	0.48	0.46
1/2”	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4”	0.66	0.64	0.62	0.60
1”	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2”	0.76	0.74	0.72	0.70
2”	0.78	0.76	0.74	0.72
3”	0.81	0.79	0.77	0.75
6”	0.87	0.85	0.83	0.81

*Fuente: ACI 211.1.*

- Visualizando en la Tabla N° 30 y nuestro módulo de fineza del agregado fino, no se encuentra dentro del listado, por ende, pasaremos a interpolar para obtener el volumen del agregado grueso y el valor del cálculo es: 0.588.
- Para nuestro cálculo respectivo del peso del agregado grueso utilizaremos la siguiente formula:

$$\text{Peso A. G.} = \frac{b}{b_o} \times \text{Peso Unitario Compactado Seco}$$

- Reemplazamos nuestros datos en la formula anterior y el peso del agregado grueso es: 937.07 kg.
- Ahora calcularemos el volumen del agregado grueso, siguiendo la siguiente formula:

$$\text{Vol. del Agregado Grueso} = 0.588 \times \frac{P. U. \text{ Compactado Seco}}{\text{Peso Espef. del A. G.}}$$

- Realizamos el cálculo respectivo y nuestro resultado es: 0.338 m<sup>3</sup>.
- Procedemos a realizar el cálculo del peso del agregado fino, para ello recopilaremos todos nuestros datos obtenidos de los procedimientos anteriores. (Tabla N° 31).

**Tabla N° 31**  
Cuadro de Dosificación Peso y Volumen

Componente	Peso (kg)	Volumen Absoluto (m <sup>3</sup> )
Agua	205.00	0.205
Cemento	368.04	0.117
Aire	0.00	0.020
Piedra	937.07	0.338

*Fuente: Elaboración Propia.*

- Pasaremos a calcular el volumen del agregado fino con la siguiente formula:

$$\text{Vol. del A. F.} = 1 - (\text{Vol. A. G.} + \text{Vol. Agua} + \text{Vol. C.} + \text{Vol. Aire})$$

- Reemplazamos nuestros datos en la formula anterior y el volumen del agregado fino es: 0.320 m<sup>3</sup>.
- Ahora pasaremos a hallar el peso del agregado fino y para ello vamos a seguir la siguiente formula:

$$\text{Peso del A. Fino} = \text{Vol. del A. F.} \times P. \text{ Espef. del A. F.}$$

- Reemplazamos los datos en la operación, el peso del agregado fino es: 868.75 kg.
- Ahora realizaremos la corrección por humedad, donde aplicaremos la siguiente fórmula para la corrección por humedad en los agregados:

$$\text{Corrección} = \text{Peso del Agregado} \times \left( \frac{\% \text{Humedad}}{100} + 1 \right)$$

- A continuación, realizaremos el aporte de agua en la mezcla en los agregados, para ello aplicaremos la siguiente formula:

$$\text{Corrección} = \frac{\text{Peso del Agregado} \times (\% \text{Humedad} - \% \text{Abs})}{100}$$

- Realizando las operaciones respectivas, obtenemos los resultados finales del diseño de mezcla para 1 m<sup>3</sup> de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$  para un asentamiento mínimo de 3” a 4”. (Tabla N° 32).

**Tabla N° 32**  
 Resultado del Diseño de Mezcla del Concreto Corregido

Componente	Unidad	Cantidad	Vol. (m <sup>3</sup> )
Agua	L	189.64	0.1896
Cemento	kg.	368.04	0.2452
Agregado Fino	kg.	887.35	0.5912
Agregado Grueso	kg.	943.63	0.6287

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Dosificación para la Combinación de la Mezcla**

Realizaremos 4 dosificaciones diferentes, el que contemplara cada dosificación para 9 probetas:

- **Dosificación N° 01:** Lo llamaremos nuestro concreto convencional, el cual no contendrá ningún material de reemplazo. (N° 33).

**Tabla N° 33**  
 Dosificación del Concreto Convencional para 9 Probetas

Componente	Unidad	Cantidad
Agua	L	3.35
Cemento	kg.	6.50
Agregado Fino	kg.	15.68
Agregado Grueso	kg.	16.68

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Dosificación N° 02:** Reemplazaremos 1.55% de ceniza de cascarilla de arroz con respecto al peso del cemento. (N° 34).

**Tabla N° 34**  
 Dosificación para 9 Probetas de Concreto con el Reemplazo del 1.55% de C.C.A.

Componente	Unidad	Cantidad
Agua	L	3.35
Cemento	kg.	6.40
Agregado Fino	kg.	15.68
Agregado Grueso	kg.	16.68
Ceniza de Cascarilla de Arroz	Kg.	0.10

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Dosificación N° 03:** Reemplazaremos 7.55% de ceniza de cascarilla de arroz con respecto al peso del cemento. (N° 35).

**Tabla N° 35**  
 Dosificación para 9 Probetas de Concreto con el  
 Reemplazo del 7.55% de C.C.A.

Componente	Unidad	Cantidad
Agua	L	3.35
Cemento	kg.	6.01
Agregado Fino	kg.	15.68
Agregado Grueso	kg.	16.68
Ceniza de Cascarilla de Arroz	Kg.	0.49

*Fuente: Elaboración Propia.*

- **Dosificación N° 04:** Reemplazaremos 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz con respecto al peso del cemento. (N° 36).

**Tabla N° 36**  
 Dosificación para 9 Probetas de Concreto con el  
 Reemplazo del 11.55% de C.C.A.

Componente	Unidad	Cantidad
Agua	L	3.35
Cemento	kg.	5.75
Agregado Fino	kg.	15.68
Agregado Grueso	kg.	16.68
Ceniza de Cascarilla de Arroz	Kg.	0.75

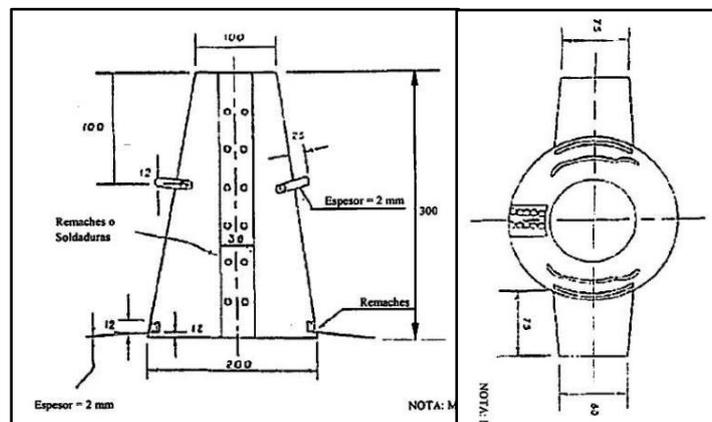
*Fuente: Elaboración Propia.*

#### Paso N° 04: Ensayo de Concreto Fresco

- **Ensayo de Asentamiento de Concreto con el Cono de Abrams (NTP 339.035):**

Este método de ensayo, tiene como finalidad determinar el asentamiento del hormigón en estado fresco, donde puede ser analizado en campo o en el laboratorio. Es importante realizar este ensayo, ya que nos permite controlar el correcto mezclado de los agregados y confirmar si nuestro diseño de mezcla está bien realizado visualizando si carece de plasticidad y cohesión del hormigón. Para este ensayo se necesita un molde metálico (cono de Abrams) en forma de tronco de cono abierto en sus extremos, con una base de 20 cm de diámetro, 10 cm de diámetro en la parte superior, 30 cm de altura y con unas agarraderas de pie en la parte inferior. (Figura N° 76).

**Figura N° 76**  
Cono de Abrams - Vista Frontal y Vista de Planta



Fuente: NTP 339.035.

- Primero debemos de tener la mezcla de concreto listo, después colocar el cono de Abrams en una superficie plana no absorbente pisando firmemente las aletas inferiores.
- Hacer el llenado del cono de Abrams en 3 capas proporcionalmente iguales.
- En cada capa se compactará dando 25 golpes con ayuda de una varilla de 60 cm de longitud. (Figura N° 77).

**Figura N° 77**

Capacitación de la Muestra en el Cono de Abrams



*Fuente: Elaboración Propia.*

- La última capa se debe de llenar en exceso antes de compactar, si después de compactar presenciáramos un vacío en la parte superior del cono se añadirá la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde.
- Posteriormente pasaremos a enrasar con ayuda de una varilla dejando el material al ras.

- Una vez terminado el paso anterior, se levanta el cono de Abrams cuidadosamente en dirección vertical, evitando los movimientos laterales hasta la remoción total del molde.
- Por último, se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del cono de Abrams y la cara superior del cono deformado. (Figura N° 78).

**Figura N° 78**  
Medición de Cono de Abrams con la Mezcla de Concreto



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Registramos los datos y seguidamente continuamos con el mismo proceso hasta registrar 3 datos por cada diseño de mezcla.

#### **Paso N° 05: Realización de la Mezcla y Elaboración de Probetas**

- **Practica para Muestreo de Mezcla de Concreto Fresco (NTP 339.036):**

Esta norma técnica peruana, nos brinda el procedimiento correcto de realización de la mezcla del concreto fresco para su transporte o en la obra, sobre el cual se elaboran ensayos para determinar su desempeño de calidad y uniformidad del concreto durante la construcción.

- **Elección y Preparación de los moldes (NTP 339.034 y NTP 339.183):**

La NTP 339.034, nos brinda las medidas máximas de diámetro de las probetas (Tabla N° 37), el cual se escogerá la dimensión de 100 mm para el desarrollo de nuestros especímenes.

**Tabla N° 37**  
El Máximo Diámetro de Probetas

<b>Diámetro de Probetas de Ensayo (mm)</b>
50
75
100
150
200

*Fuente: NTP 339.034*

La NTP 339.183, nos brinda el procedimiento del desarrollo de curado de los especímenes, para ello se deberá realizar la preparación de los moldes tal como indica la norma mencionada para el correcto llenado del concreto.

Teniendo claro y definido nuestra elaboración, pasamos hacer lo siguiente:

- Primero recopilamos los datos de nuestro diseño de mezcla y separamos los pesos de los materiales en recipientes para su futura combinación. (Figura N° 79).

**Figura N° 79**  
Distribución de los Materiales para la Mezcla



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Los materiales serán colocados en la mezcladora de manera proporcional, primero se agregará la mitad del peso del agregado grueso junto con el agregado fino y se prenderá el trompo para que realice la mezcla por un par de segundos. (Figura N° 80).

**Figura N° 80**  
Trompo donde Realizamos la Mezcla



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Posteriormente con el equipo en movimiento, añadiremos la mitad del peso del cemento y la 3ra parte del agua dejando un par de segundos en la combinación de la misma. (Figura N° 81).

**Figura N° 81**  
Proceso de Mezclado de los Materiales



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Continuamos de terminar de llenar lo restante del agregado grueso, agregado fino, cemento y agua respectivamente.
- Dejamos transcurrir un tiempo corto hasta visualizar una mezcla uniforme, pero no debe de exceder de los 15 minutos para el retirado hacia nuestras probetas.
- Para ello, debemos de tener listo los moldes donde se utilizó probetas cilíndricas de PVC de 8 pulgadas de largo y 4 pulgadas de diámetro con un aspecto limpio y su superficie interior debe de estar cuidadosamente aceitada, el cual solo se permite el uso de aceites minerales y otros productos adecuados para su uso, en este caso se está utilizando petróleo. (Figura N° 82).

**Figura N° 82**  
Moldes Engrasados con Petróleo



*Fuente: Elaboración Propia.*

- El llenado de las probetas no debe de tardar 10 minutos después de haber terminado la realización de la mezcla y se debe de realizar en una zona libre de vibraciones.
- Después de tener preparado nuestros moldes, realizamos el llenado en 3 capas proporcionalmente iguales y en cada capa se compactará 25 golpes verticales con ayuda de la varilla.
- En la última capa, colocaremos exceso de material para que después de realizar el ultimo compactado enrasaremos causando presión con el borde superior del molde, sin agregar material.
- Terminando de llenar el molde se procederá a golpear ligeramente las paredes exteriores con el martillo de goma para poder eliminar los vacíos que pudieron haber quedado y así repetimos los mismos pasos con los moldes restantes con los demás diseños de mezcla. (Figura N° 83).

**Figura N° 83**  
Llenado de Probetas



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Para finalizar, desmoldamos los especímenes a cabo de 20 horas  $\pm$  4 horas después del vaciado en los moldes, para poder retirarlos y codificarlos respectivamente. (Figura N° 84).

**Figura N° 84**  
Especímenes Desmoldados



*Fuente: Elaboración Propia.*

## Paso N° 06: Tiempo de Curado

- **Práctica Normalizada para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio (NTP 339.183):**

El objetivo principal es tener un control riguroso de los materiales y las condiciones de ensayo durante los primeros días de fragua del concreto endurecido, buscando mantener la humedad del concreto dentro de un tiempo de edades para que alcance las propiedades de resistencia y durabilidad necesaria para las que fue diseñada.

Según la NTP 339.183, indica que la cantidad de especímenes debe de ser de 3 a más, considerando un rango de edades por cada espécimen. Normalmente las edades de ensayo, son de 7 días y 28 días para ser sometidos a pruebas de ensayo de la resistencia a la comprensión, pero en esta investigación vamos a considerar las edades indicadas de la norma y añadiremos una edad intermedia, eso quiere decir que vamos a someter los especímenes en 7 días, 14 días y 28 días con la finalidad de obtener un resultado más flexible.

- Después de retirar los especímenes de los moldes y haber realizado su codificación respectiva, pasaremos a colocar las muestras en la piscina de curado, el cual está compuesta de agua y cal con la proporción de 2 g. de cal por un litro de agua a una temperatura de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Dejaremos reposar los especímenes sumergidos en la piscina de curado por 7, 14 y 28 días, para su posterior retirado. (Figura N° 85).

**Figura N° 85**  
Reposo de los Especímenes en la Piscina de Curado



*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Paso N° 07: Ensayo de Concreto Endurecido**

- **Método de Esfuerzo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto, en Muestras Cilíndricas (NTP 330.034):**

El principal propósito de este ensayo, es conocer la calidad del concreto que determina mediante una carga axial de compresión en probetas cilíndricas a una velocidad que se encuentra dentro de un rango determinado hasta que ocurra la falla, garantizando si las probetas están correctamente diseñadas.

- Después de retirar los especímenes curados en el tiempo correspondiente, deberán ser sometidos a la prueba de compresión lo más pronto posible aun conservando su humedad.
- Así mismo, se brinda un tiempo permisible de tolerancia para cada espécimen de edades de ensayo para su futura fracturación. (Tabla N° 38).

**Tabla N° 38**  
Edades de Ensayo y Tolerancias Permisibles

Edad de Ensayo	Tolerancia Permissible
24 horas	$\pm 0,5$ ó $2,1\%$
3 días	$\pm 2 \text{ h}$ ó $2,8\%$
7 días	$\pm 6 \text{ h}$ ó $3,6\%$
28 días	$\pm 20 \text{ h}$ ó $3,0\%$
90 días	$\pm 48 \text{ h}$ ó $2,2\%$

*Fuente: NTP 339.034.*

- Se colocará el espécimen con la cara endurecida hacía arriba alineando los ejes con el centro de empuje de la máquina. Cabe resaltar, que el instrumento debe de encontrarse limpio las caras de contacto que tendrá con el bloque cilíndrico de concreto. (Figura N° 86).

**Figura N° 86**  
Espécimen Correctamente Colocado en la Maquina



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Con su correcta instalación del espécimen, se aplicará una carga con una velocidad requerida y controlada de acuerdo al tamaño del espécimen de ensayo sin someterlo a una carga de choque.
- Cuando nuestro indicador se paraliza y el cilindro de concreto muestra un patrón de facturación bien definida terminamos con la prueba de ensayo. (Figura N° 87).

**Figura N° 87**

Termino de la Prueba de Ensayo a la Compresión



*Fuente: Elaboración Propia.*

- Este mismo procedimiento se aplicará para todos los cilindros de concreto de todas las edades.

### **Aspecto éticos**

En la presente investigación se están respetando y considerando los aspectos éticos pertinentes en cuanto a la citación adecuada de fuentes utilizando las normas del manual de redacción UPN. En ese sentido, también se presentarán datos fidedignos, confiables y ajustados al presente estudio.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Conoceremos los resultados de las propiedades físicas de la ceniza de cascarilla de arroz y del cemento, el análisis comparativo del asentamiento Slump de concreto convencional y el concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz, también se dará a conocer los resultados de la prueba de resistencia a la comprensión de los especímenes cilíndricos en sus diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz y del concreto convencional en las edades de 7, 14 y 28 días y no obstante se realizará el análisis económico de elaboración de las muestras.

#### Resultados del Ensayo de Granulometría

Recopilamos los datos del ensayo granulométrico, para realizar un análisis comparativo. (Tabla N° 39).

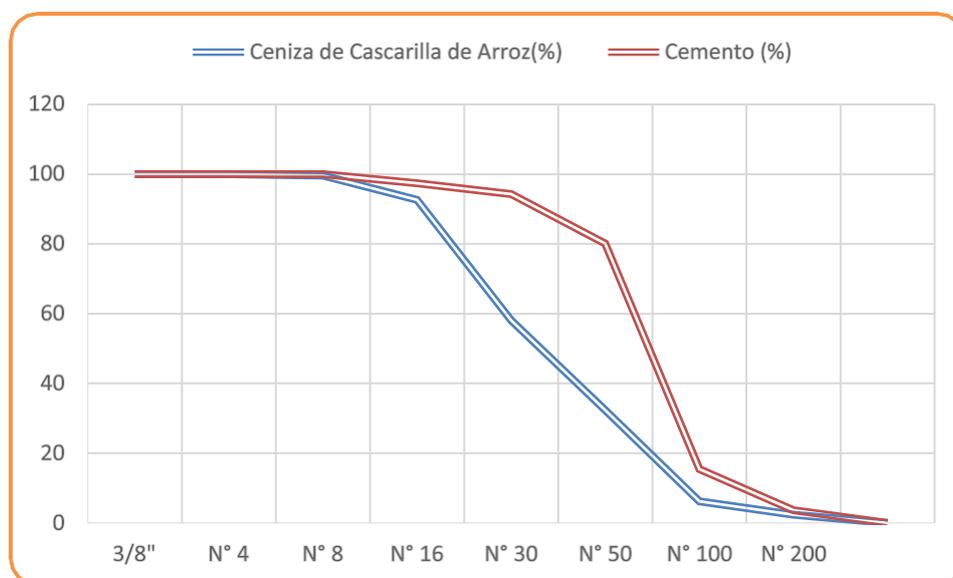
**Tabla N° 39**  
 Ensayo de Granulometría de Ceniza de Cascarilla de Arroz y Cemento

<b>Tamiz</b>	<b>Pasante Acumulado de Ceniza de Cascarilla de Arroz (%)</b>	<b>Pasante Acumulado del Cemento (%)</b>
3/8"	100.00	100.00
N° 4	100.00	100.00
N° 8	99.63	100.00
N° 16	92.67	97.44
N° 30	58.02	94.27
N° 50	32.36	80.12
N° 100	6.17	15.45
N° 200	2.35	3.64

*Fuente: Elaboración Propia.*

Se está realizando este tipo de ensayo para poder definir la distribución de tamaños de partículas de la ceniza de cascarilla de arroz que será reemplazado con un porcentaje parcial con respecto al peso del cemento, por ello el material debe de cumplir ciertas características físicas, teniendo como resultado en la Tabla N° 12, se observa que el mayor porcentaje retenido es en la malla N°100 a diferencia que en la Tabla N° 11 que el mayor porcentaje retenido es en la malla N° 30, en este caso se visualiza que el cemento logra ser más fino que la ceniza de cascarilla de arroz (Figura N° 88), donde se puede concluir que para poder trabajar con este material reemplazable deberíamos de utilizar el material retenido de la malla N°100, para que así la propiedad física de la ceniza de cascarilla de arroz se asemeje a la del cemento, sin embargo al realizar esta selección de material se identificó una característica química, que la ceniza de cascarilla de arroz en ese tamiz retenido pierde el material aglutinante, no obstante el material retenido en los anteriores tamices conserva esa característica química por ello se ha concluido que se va a trabajar en la mezcla de concreto todos los porcentajes retenidos de los tamices del ensayo de granulometría.

**Figura N° 88**  
Curva Granulométrica de la Ceniza de Cascarilla de Arroz y el Cemento



*Fuente: Elaboración Propia.*

## Resultados del Ensayo del Asentamiento Slump

Compilamos todos los datos del ensayo, para realizar un análisis comparativo de resultados de la mezcla del concreto convencional (Tabla N° 40), del concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 1.55% (Tabla N° 41), del concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 7.55% (Tabla N° 42) y del concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 11.55% (Tabla N° 43).

**Tabla N° 40**  
Resultados del Asentamiento Slump del Concreto Convencional

Descripción de la Muestra	Asentamiento Slump		
	M. N° 01	M. N° 02	M. N° 03
Cemento Convencional	4”	4”	4”
<b>Promedio</b>	4”		

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 41**  
Resultados del Asentamiento Slump con Incorporación del 1.55% de Ceniza de Cascarilla de Arroz

Descripción de la Muestra	Asentamiento Slump		
	M. N° 01	M. N° 02	M. N° 03
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 1.55%	2.8”	3”	3”
<b>Promedio</b>	2.9”		

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 42**  
 Resultados del Asentamiento Slump con Incorporación del 7.55% de Ceniza de Cascarilla de Arroz

Descripción de la Muestra	Asentamiento Slump		
	M. N° 01	M. N° 02	M. N° 03
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 7.55%	3.5”	3.5”	3.5”
<b>Promedio</b>	3.5”		

*Fuente: Elaboración Propia.*

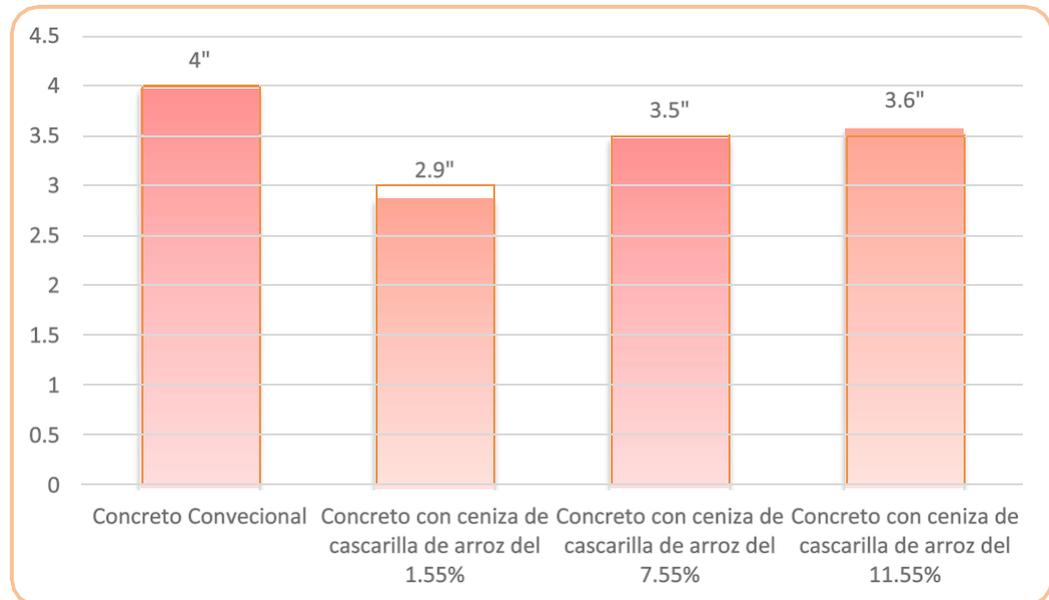
**Tabla N° 43**  
 Resultados del Asentamiento Slump con Incorporación del 11.55% de Ceniza de Cascarilla de Arroz

Descripción de la Muestra	Asentamiento Slump		
	M. N° 01	M. N° 02	M. N° 03
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 11.55%	3.8”	3.5”	3.5”
<b>Promedio</b>	3.6”		

*Fuente: Elaboración Propia.*

Teniendo los datos recopilados, pasaremos a sacar el promedio de cada asentamiento de las muestras y lo graficaremos en la figura N° 89 para realizar un análisis comparativo.

**Figura N° 89**  
Comparativo de Asentamiento Slump de Concreto Convencional y con Incorporación de Ceniza de Cascarilla de Arroz



*Fuente: Elaboración Propia.*

Podemos visualizar que la combinación del concreto convencional nos da un resultado óptimo, lo cual nos manifiesta que el diseño se ha realizado de manera correcta y nos da la certeza de que cuenta con una buena plasticidad y trabajabilidad del concreto, así mismo, se visualiza que el concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 1.55%, tiene un asentamiento bajo, el cual se puede interpretar que la incorporación del material ha generado un poco más de plasticidad en el concreto por el cual lo hace más fluido y con respecto a los resultados del concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 7.55% y 11.55%. se tiene casi el mismo resultado, si bien es cierto, nos encontramos dentro de los parámetros de la norma sobre su asentamiento, pero no discrepamos que al reemplazar ceniza de cascarilla de arroz por el cemento ha ocasionado que disminuye el asentamiento ya que la ceniza de cascarilla de arroz es un material de baja densidad a comparación del cemento.

## Resultados a la Resistencia a la Comprensión del Concreto

A continuación, se detallará y comparará los resultados de los 3 tipos de especímenes que contienen ceniza de cascarilla de arroz y del concreto convencional a los 7, 14 y 28 días de curado.

**Tabla N° 44**  
Resultado a la Comprensión del Concreto Convencional

Descripción de la Muestra	Edades (Días)		
	7 días	14 días	28 días
Concreto Convencional	163.87 kg/cm <sup>2</sup>	190.73 kg/cm <sup>2</sup>	223.20 kg/cm <sup>2</sup>
	138.76 kg/cm <sup>2</sup>	192.51 kg/cm <sup>2</sup>	227.27 kg/cm <sup>2</sup>
	150.37 kg/cm <sup>2</sup>	197.92 kg/cm <sup>2</sup>	216.58 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>151.00 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>193.72 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>222.35 kg/cm<sup>2</sup></b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 45**  
Resultado a la Comprensión de Incorporación de Ceniza de Cascarilla de Arroz del 1.55%

Descripción de la Muestra	Edades (Días)		
	7 días	14 días	28 días
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 1.55%	202.32 kg/cm <sup>2</sup>	225.04 kg/cm <sup>2</sup>	228.93 kg/cm <sup>2</sup>
	203.85 kg/cm <sup>2</sup>	229.31 kg/cm <sup>2</sup>	240.26 kg/cm <sup>2</sup>
	203.65 kg/cm <sup>2</sup>	228.99 kg/cm <sup>2</sup>	238.73 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>203.27 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>227.78 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>235.97 kg/cm<sup>2</sup></b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla N° 46**  
Resultado a la Comprensión de Incorporación de Ceniza de Cascarilla de Arroz del 7.55%

Descripción de la Muestra	Edades (Días)		
	7 días	14 días	28 días
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 7.55%	190.09 kg/cm <sup>2</sup>	219.95 kg/cm <sup>2</sup>	224.98 kg/cm <sup>2</sup>
	191.11 kg/cm <sup>2</sup>	216.26 kg/cm <sup>2</sup>	223.96 kg/cm <sup>2</sup>
	189.58 kg/cm <sup>2</sup>	216.70 kg/cm <sup>2</sup>	228.93 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>190.26 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>217.64 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>225.96 kg/cm<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 47**  
Resultado a la Comprensión de Incorporación de Ceniza de Cascarilla de Arroz del 11.55%

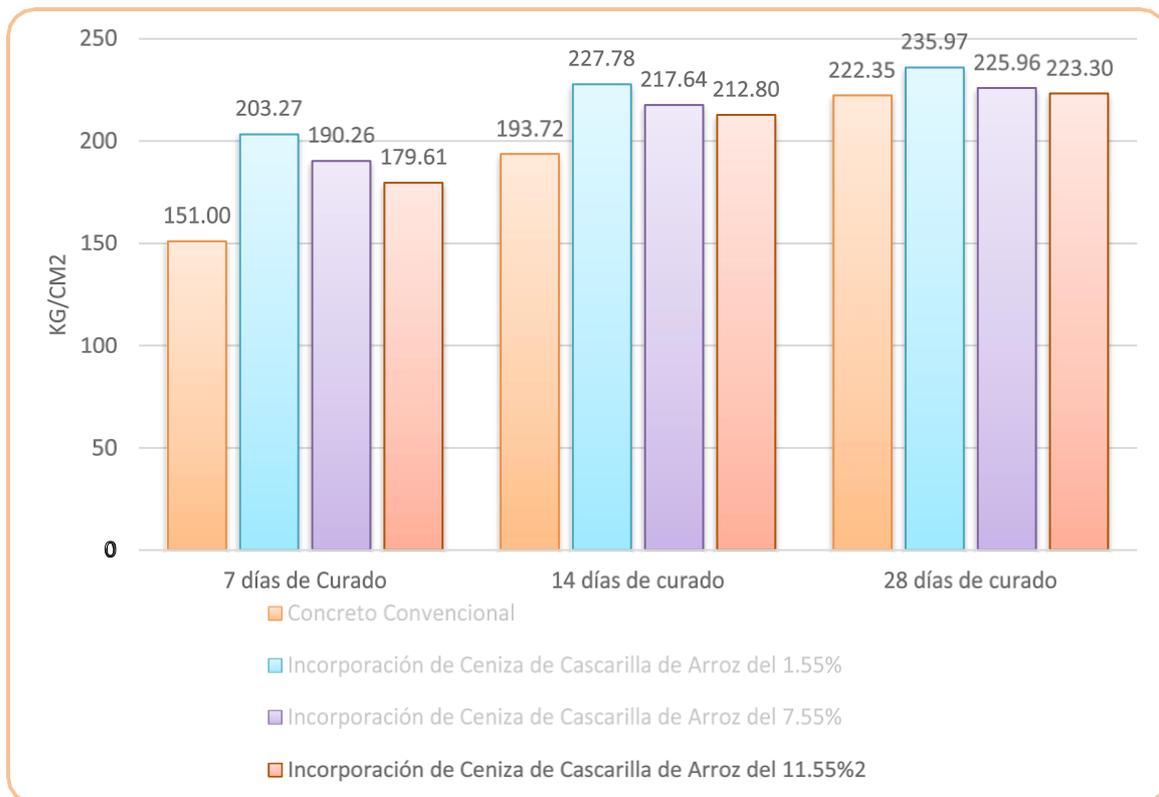
Descripción de la Muestra	Edades (Días)		
	7 días	14 días	28 días
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 11.55%	183.09 kg/cm <sup>2</sup>	211.23 kg/cm <sup>2</sup>	220.46 kg/cm <sup>2</sup>
	177.17 kg/cm <sup>2</sup>	214.16 kg/cm <sup>2</sup>	221.36 kg/cm <sup>2</sup>
	178.57 kg/cm <sup>2</sup>	213.01 kg/cm <sup>2</sup>	228.10 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Promedio</b>	<b>179.61 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>212.80 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>223.30 kg/cm<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas antepuestas se visualiza que todos los resultados nos revelan una óptima resistencia a la comprensión, no obstante, se logró tener un mejor efecto en todas las edades de la mezcla con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 1.55%, teniendo como

valor alcanzado  $203.27 \text{ kg/cm}^2$ ,  $227.78 \text{ kg/cm}^2$  y  $235.97 \text{ kg/cm}^2$  en los 7, 14 y 28 días respectivamente superando la resistencia de los demás especímenes con y sin incorporación de ceniza de cascarilla de arroz, no obstante en la Figura N° 90 observamos que la mezcla de concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz de 7.55% y 11.55%, el resultado en la resistencia a la comprensión en las 3 edades diferentes de curado es superior de la mezcla del concreto convencional por consecuencia obtenemos los resultados más bajo de la práctica.

**Figura N° 90**  
Comparación de la Resistencia a la Comprensión a los 7, 14 y 28 Días de Curado



*Fuente: Elaboración Propia.*

Sin embargo, a pesar que el resultado del concreto convencional sea el más bajo de la tabla, logra alcanzar un porcentaje de dureza del concreto de manera positiva en las 3 edades diferentes, visualizando en la Tabla N° 48, donde el concreto convencional en el día

7 de curado logra tener un 71.90% de porcentaje de dureza, en el día 14 de curado obtiene un 92.25% y en el día 28 de curado su resultado es de 105.88% de dureza en el concreto, encontrándose dentro de los porcentajes establecidos de la resistencia del concreto.

**Tabla N° 48**  
 Resultado de Porcentaje de Dureza del Concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$

<b>Porcentaje de Dureza del Concreto</b>			
<b>Muestra / Edades</b>	7 días (%)	14 días (%)	28 días (%)
Concreto Convencional	71.90%	92.25%	105.88%
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 1.55%	96.80%	108.47%	112.37%
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 7.55%	90.60%	103.64%	107.60%
Concreto con ceniza de cascarilla de arroz del 11.55%	85.53%	101.33%	106.34%

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Análisis Comparativo de Costos**

Detallaremos el comparativo del análisis económico de cada mezcla de concreto convencional y con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz. Es importante resaltar que los costos detallados en las siguientes tablas, son precios que se encuentran en la revista de costos y presupuestos de marzo 2023.

**Tabla N° 49**  
 Precio del Concreto Convencional

Materiales	Unidad	Cantidad (1 m <sup>3</sup> )	Precio (S/.)
Agua	m <sup>3</sup>	0.1896	1.16
Cemento	bls	8.67	191.00
Agregado Fino	m <sup>3</sup>	0.5912	25.05
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>	0.6287	33.57
<b>TOTAL DE GASTO</b>			<b>S/. 250.78</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

Se visualiza que el costo del material por cada metro cubico (m<sup>3</sup>) para el concreto convencional de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  desarrollado en este proyecto es de S/. 250.78.

**Tabla N° 50**  
 Precio del Concreto con Incorporación de Ceniza de Cascarilla de  
 Arroz de 1.55%

Materiales	Unidad	Cantidad (1 m <sup>3</sup> )	Precio (S/.)
Agua	m <sup>3</sup>	0.1896	1.16
Cemento	bls	8.52	187.69
Agregado Fino	m <sup>3</sup>	0.5912	25.05
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>	0.6287	33.57
Ceniza de Cascarilla de Arroz	Kg	5.70	2.28
<b>TOTAL DE GASTO</b>			<b>S/. 249.75</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

El costo del material por cada metro cubico (m<sup>3</sup>) para el concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz de 1.55% en  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  muestra un precio de S/. 249.75, comparando entre el precio del concreto convencional cuenta con una diferencia del 0.413 %, eso quiere decir que el porcentaje mencionado sería el ahorro para la mezcla de concreto.

**Tabla N° 51**  
 Precio del Concreto con Incorporación de Ceniza de Cascarilla de Arroz de 7.55%

Materiales	Unidad	Cantidad (1 m <sup>3</sup> )	Precio (S/.)
Agua	m <sup>3</sup>	0.1896	1.16
Cemento	bls	8.01	176.46
Agregado Fino	m <sup>3</sup>	0.5912	25.05
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>	0.6287	33.57
Ceniza de Cascarilla de Arroz	Kg	27.79	11.12
<b>TOTAL DE GASTO</b>			<b>S/. 247.36</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

Este costo el material por cada metro cubico (m<sup>3</sup>) para el concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz de 7.55% en  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  muestra un precio de S/. 247.36, comparando entre el precio del concreto convencional tendría una diferencia del 1.364 %, porcentaje mencionado sería el ahorro de la mezcla de concreto y precisamente es por la disminución del uso del cemento.

**Tabla N° 52**  
 Precio del Concreto con Incorporación de Ceniza de Cascarilla de  
 Arroz de 11.55%

Materiales	Unidad	Cantidad (1 m <sup>3</sup> )	Precio (S/.)
Agua	m <sup>3</sup>	0.1896	1.16
Cemento	bls	7.66	168.75
Agregado Fino	m <sup>3</sup>	0.5912	25.05
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>	0.6287	33.57
Ceniza de Cascarilla de Arroz	Kg	42.51	17.00
<b>TOTAL DE GASTO</b>			<b>S/. 245.53</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

A diferencia del precio en el concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz de 1.55% y 7.55%, el costo del material por cada metro cubico (m3) para el concreto con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz de 11.55% en  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  es de S/. 245.53, eso quiere decir que es inferior a los precios anteriores, contando con una diferencia de 2.134% con respecto al precio del concreto convencional y así se contaría con un ahorro de la mezcla de concreto y precisamente es por la disminución del uso del aglomerante contaminante.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente está en la búsqueda constante de lograr materiales constructivos de larga durabilidad, el cual se experimentan sustancias químicas altamente contaminantes para llegar a ello, pero porque no enfocarnos en la parte ecológica y la sostenibilidad del medio ambiente, donde la reutilización y el reciclaje de materiales también son importantes y viables como componentes para un diseño de mezcla o entre otros. Este proyecto de investigación plantea el manejo e incorporación de materiales de desechos agrícolas en el diseño de mezcla, consiguiendo dos beneficios importantes en ello, explotación de un desecho agrícola y reducción de costos en la construcción. La incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz, está en función de reemplazar el uso del cemento, ya que es un material aglomerante con altos contenidos de dióxido de silicio, por ello se ha realizado 3 combinaciones reemplazando proporcionalmente con el peso del cemento, con el fin de encontrar y comparar la mejor combinación para así aplicar en las edificaciones de concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con un bajo costo, alcanzando la resistencia requerida, alineándonos a las normas técnicas y sobre todo ser amigables con el medio ambiente.

### Limitaciones

En la investigación, una de las limitaciones principales fueron las normas técnicas peruanas, el cual no contamos con una norma que indique la trabajabilidad en la mezcla del concreto con un desecho orgánico, por otro lado, los antecedentes mencionaban que al descomponer la cascara de arroz, su volumen aumentaba el cual en el proceso de experimentación no se visualizó ello, además se complicó la descomposición del material, ya que ningún laboratorio realizaba dicha intervención y por último el poder utilizar el

laboratorio de la universidad era de tiempo limitado ya que se tenía clases y había cruces de horarios.

### **Discusiones**

En el proyecto de investigación de (Montero, D., 2017), sustituye el peso del cemento por ceniza de cascarilla de arroz realizando 4 muestras con incorporación de la misma y su sustitución más baja que fue del 10% de ceniza de cascarilla de arroz en la dosificación del concreto presentó la mejor resistencia a los 28 días de curado, puesto que generó un aumento del 16% en la resistencia a la comprensión de su concreto convencional, el cual en esta investigación no se realizó una sustitución de 10% pero si de un 11.55% en el cual se obtuvo un aumento del 0.45% con respecto a la resistencia del concreto convencional en los 28 días de curado, sin embargo nuestro porcentaje más bajo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz fue de 1.55% y logró obtener una resistencia positiva de 6.49% con relación a la resistencia del concreto convencional,

Por otro lado (Rodríguez, A., & Tibabuzo, M., 2019) manifiestan que el 3% y 5% de reemplazo de ceniza de cascarilla de arroz con respecto al peso del cemento les registra una resistencia inferior de su concreto patrón, a diferencia del 1% y el 2% presentan una alta resistencia, una adecuada trabajabilidad de la mezcla y en las probetas de ensayo no se visualiza aire atrapado, sin embargo, en la presente investigación el porcentaje más bajo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz se obtuvo un resultado óptimo donde sobrepasa un 24.89% con respecto a la resistencia del concreto convencional en los 7 días de curado, no obstante el 7.55% y 11.55% de incorporaciones de ceniza de cascarilla con reemplazo parcial del cemento cuenta con una resistencia superior del 18.70% y 13.63%

respectivamente con respecto a la resistencia del concreto convencional a los 7 días de curado.

En la investigación de (Díaz, H. & Oviedo, M., 2021), mencionan que se debe de utilizar aditivo para los porcentajes superiores del 10% de ceniza de cascarilla de arroz, ya que en la prueba de ensayo de concreto fresco se presencia notoriamente el asentamiento del concreto el cual dificultaría la trabajabilidad, si bien puede ser cierto el asentamiento aumento, pero no dificulta la trabajabilidad ya que en esta documentación, se puede visualizar en los 3 tipos de ensayo incorporando ceniza de cascarilla de arroz los asentados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma técnica peruana N° 339.035.

En la evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería de (Chur, G. 2010), menciona que la cascara de arroz está compuesta por celulosas en un 40% y sílice en un 40% y otros en un 20%, pero al fundirse en altas temperaturas presenta un alto contenido de dióxido de silicio donde concluye que el porcentaje más demostrativo de la cascara de arroz se encuentra en la ceniza, por consecuente en esta investigación se pudo precisar ello, ya que al intervenir a altas temperaturas la cascara de arroz se volvió un material más aglomerante, idóneo para poder mezclar el cemento a temperatura ambiente y con su presencia de agua reacciona de forma trabajable en la mezcla de concreto.

En su estudio (Santivañez, I., 2021) realiza un análisis de costo, donde menciona que es beneficioso el consumo de la ceniza de cascarilla de arroz, el cual ahorraría S/. 3 soles por cada  $\text{m}^3$  de concreto, sin embargo, en la documentación presentada al incorporar 1.55%, 7.55% y 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz, el ahorro es de S/ 1.03 soles, S/. 3.42 soles y S/. 5.25 respectivamente por cada metro cubico.

## Conclusiones

Al incorporar ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del peso del cemento, influye de manera favorable brindando una adecuada resistencia a la comprensión, donde la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz del 1.55%, 7.55% y 11.55%, sobrepasa la resistencia del concreto convencional  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  en los 7, 14 y 28 días de curado, la influencia de este material orgánico es propicio para su trabajabilidad manteniendo una mezcla de concreto fresco sin afectar la resistencia mecánica y física, cumpliendo los estándares de calidad y los parámetros de la norma técnica peruana N° 339.036.

El porcentaje ideal para trabajar con ceniza de cascarilla de arroz en reemplazo parcial del peso del cemento es del 1.55%, ya que ha superado con 24.89%, 16.22% y 6.49% la resistencia de un concreto convencional en los 7, 14 y 28 días, sin embargo la incorporación de 7.55% de ceniza de cascarilla de arroz también ha superado la resistencia de un concreto convencional con 18.70%, 11.39% y 1.72% en los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente, de igual forma en la incorporación del 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz fue de 13.63%, 9.08% y 0.45% en los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente, estos últimos resultados son algo similares a la resistencia del concreto convencional, es por ello

que concluimos y recomendamos, como ya antes mencionado que el porcentaje idóneo es de 1.55% y si se desea aplicar mayor cantidad de ceniza de cascarilla de arroz realizar la prueba de ruptura a los 7 y/o 14 días de curado, donde se visualiza una óptima resistencia.

El costo del diseño del concreto convencional de  $f_c = 210 \text{ kg/m}^2$  por metro cubico es de S/. 250.78 soles, el cual si incorporamos 1.55%, 7.55% y 11.55% de ceniza de cascarilla de arroz de  $f_c = 210 \text{ kg/m}^2$  se ahorraría S/ 1.03 soles, S/. 3.42 soles y S/. 5.25 respectivamente por cada metro cubico, en el cual se vería un ahorro abismal en grandes cantidades y ello es por la reducción del uso del cemento.

### **Implicancias**

Mi aporte con esta investigación, es concienciar e incentivar al público estudiantil, que se cuenta con varios materiales reciclables, utilizables y orgánicos que pueden ser objetos de estudio, con el fin de disminuir el consumo de algunos materiales que sus fabricaciones son altamente contaminantes, además no solo seremos amigables con el medio ambiente, obtendremos edificaciones de cualquier índole al 100 % sostenibles sin desviarnos de las normas técnicas, siguiendo los parámetros del reglamento nacional de edificaciones y los estándares de calidad en el proceso constructivo.

## REFERENCIAS

Arcos, C. (2007). La Cascarilla de Arroz como fuente de  $\text{SiO}_2$ . Facultad de Ingeniería - Universidad de Antioquia, 10.

Becerra, N. (2022). Resistencia a la comprensión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de mayólica reciclada, ante agentes patógenos, Cajamarca 2021. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

Burgos, M. (2016). Empleo de la cascarilla de arroz como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Celis, V. (2019). Efectos de la adición de fibra de aliso en la resistencia de un concreto hidráulico, Cajamarca 2021. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

Chur, G. (2010). Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado organico en morteros de mampostería. [Trabajo de graduación para optar el grado bachiller, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De la Pared, D. (2011). Diseño de mezclas de concreto con ceniza de cascarilla de arroz para emplearlo en proyectos de vivienda de bajo costo. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Díaz, H., & Oviedo, M. (2021). Elaboración de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para elementos verticales reemplazando parcialmente el cemento con cenizas de cascarilla de arroz y la arena con PET reciclado para reducir la sobreexplotación de los agregados de las canteras en Lima. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Gonzalez, J. R. (2020). Informe Estadístico 2019. Revista Cemento & Concreto, 6.

Gutiérrez, R. (2019). Resistencia a la comprensión axial de probetas de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

Luna García, B. K., & Bustillos Huamán, J. V. (15 de Febrero de 2021). Repositorio Académico UPC. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655130/LunaG\\_B.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655130/LunaG_B.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Mafla, A. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la Construcción. Invenum, Facultad de Ingeniería Uniminuto.

MINAM. (17 de Julio de 2022). Ministerio del Ambiente. Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental: <https://sinia.minam.gob.pe/fuente-informacion/ministerio-ambiente-minam>

Montero Trujillo, D. A. (18 de Mayo de 2017). Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito - USFQ. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/>

Montero, D. (2017). Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad San Francisco de Quito USFG]. Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito USFG.

Mujal Rosas, R. (2019). El material del presente con mucho futuro . Portada , 72-76.

NTP 334.005. (2012). CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento portland.

NTP 334.009. (2013). CEMENTOS. Cementos portland. Requisitos.

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

NTP 339.035. (2015). Ensayo de asentamiento de concreto con el cono de Abrams.

NTP 339.036. (2017). Práctica para muestreo de mezcla de concreto fresco.

NTP 339.047. (2014). CONCRETO. Definición y terminología relativas al concreto y agregados.

NTP 339.088 (2003). HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Requisitos.

NTP 339.183. (2013). CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especiaciones de concreto en el laboratorio.

NTP 339.185 (2013). Contenido de humedad.

NTP 400.012. (2001). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.

NTP 400.017. (2010). Peso unitario del agregado fino y agregado grueso.

NTP 400.021. (2015). Peso específico del agregado grueso.

NTP 400.022. (2015). Peso específico del agregado fino.

NTP 400.037. (2014). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

Osorio, J. D. (11 de marzo de 2022). 360 EN CONCRETO. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion/#:~:text=El%20cemento%20es%20el%20material,del%20concreto%20a%20cualquier%20edad>

Report, C. H. (2018). Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete. Londres: CHATHAM HOUSE.

Rodríguez, A., & Tibabuzo, M. (2019). Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezcla de concreto hidráulico. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Santo Tomás]. Repositorio de la Universidad Santo Tomás.

Santivañez, I. (2021). Influencias de la ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de conchas de abanico sobre la resistencia a la compresión en bloques de concreto estructural, Lima 2021. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.