

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS**

Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al  
incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

Presentado por:

Eddy Sánchez Vera

Para optar el Título de Ingeniero Civil

Abancay \_ Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
FOSFORESCENTE  $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$  AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, EN EL  
DISTRITO DE ABANCAY-APURÍMAC, 2023**

Presentado por **Eddy Sánchez Vera** para optar el Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Sustentado y aprobado el 12 de abril de 2024, ante el jurado evaluador:

**Presidente**

:

  
\_\_\_\_\_  
Ph. D. Lucy Marisol Guanuchi Orellana

**Primer miembro**

:

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

**Accesitario**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgt. Calixto Cañari Otero

**Asesor**

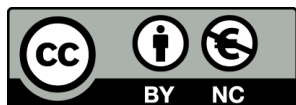
:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Edwar Ilasaca Cahuata

Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios todo poderoso por darme esta hermosa vida, salud y fortaleza en todo momento.*

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por darme esa oportunidad para formarme profesionalmente, así como también a los docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.*

## **Dedicatoria**

*A mi madre María Justa Vera Since, por haberme formado con los buenos hábitos y valores, la cual han sido una fortaleza para seguir adelante ante las adversidades, madre gracias por todo, te guardaré en mi memoria para siempre y siempre estarás en mis recuerdos.*

*A mis hermanos Percy, Hugo, Wilfredo, Fredy, Elisa, quienes fueron mi motivo, para seguir adelante y por ese sentimiento, cariño, apoyo que me brindaron.*

# ÍNDICE

	Págs.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del problema .....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	7
2.1 Objetivos de la investigación.....	7
2.1.1 Objetivo general .....	7
2.1.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación .....	8
2.2.1 Hipótesis general .....	8
2.2.2 Hipótesis específicos .....	8
2.3 Operacionalización de variables.....	9
<b>CAPÍTULO III</b> .....	10
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	10
3.1 Antecedentes.....	10
3.1.1. Antecedentes de ámbito internacional.....	10
3.1.2. Antecedentes de ámbito nacional .....	11
3.1.3. Antecedentes de ámbito local.....	12
3.2 Marco teórico.....	13
3.2.1 Concreto fosforescente .....	13
3.2.1.1 Luminiscencia.....	14
3.2.1.1.1 Historia de luminiscencia .....	14

3.2.1.1.2 Fotoluminiscencia.....	15
3.2.1.1.2.1 Fluorescencia.....	16
3.2.1.1.2.2 Fosforescencia.....	16
3.2.1.2 Transmisión óptica.....	17
3.2.1.3 Concreto.....	19
3.2.1.3.1 Definición de concreto.....	19
3.2.1.3.2 Componentes de concreto.....	19
3.2.1.3.3 Tipos de concreto.....	20
3.2.1.3.3.1 Concreto simple.....	20
3.2.1.3.3.2 Concreto armado.....	20
3.2.1.3.3.3 Concreto estructural.....	21
3.2.1.3.3.4 Concreto ciclópeo.....	21
3.2.1.3.2 Resistencia a la compresión del concreto.....	21
3.2.1.3.3 Cemento.....	22
3.2.1.3.3.1 Definición.....	22
3.2.1.3.3.2 Clasificación de cemento portland.....	22
3.2.1.3.4 Agregados.....	23
3.2.1.3.4.1 Definición.....	23
3.2.1.3.4.2 Agregado fino.....	24
3.2.1.3.4.3 Agregado grueso.....	24
3.2.1.3.5 Agua.....	25
3.2.1.3.5.1 Definición.....	25
3.2.1.3.5.2 Requisitos de calidad de agua.....	26
3.2.1.3.6 Aditivos.....	27
3.2.1.3.6.1 Definición.....	27
3.2.2 Vidrio molido.....	27
3.2.2.1 Vidrio.....	28
3.2.2.1.1 Propiedades físicas y mecánicas.....	29
3.2.2.1.2 Tipos de vidrio.....	29
3.2.2.1.3 Reciclaje del vidrio.....	30
3.3 Marco conceptual.....	31

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	34
<b>METODOLOGÍA</b> .....	34
4.1 Tipo y nivel de investigación.....	34
4.1.1 Tipo de investigación. ....	34
4.1.2 Nivel de investigación. ....	34
4.2 Diseño de investigación.....	34
4.3 Descripción ética de la investigación .....	34
4.4 Población y muestra .....	35
4.4.1 Población .....	35
4.4.2 Muestra .....	35
4.5 Procedimiento.....	37
4.5.1 Acopio de materiales .....	38
4.5.1.1 Agregado .....	38
4.5.1.2 Vidrio.....	38
4.5.1.3 Pigmento fosforescente .....	39
4.5.1.4 Agua .....	39
4.5.1.5 Cemento.....	39
4.5.2 Caracterización de materiales.....	39
4.5.2.1 Análisis granulométrico por tamizado.....	39
4.5.2.2 Análisis granulométrico por tamizado de vidrio molido .....	40
4.5.2.3 Peso unitario y vacío de los agregados fino y grueso.....	41
4.5.2.4 Peso específico y capacidad de absorción del agregado.....	42
4.5.2.5 Porcentaje de humedad del agregado .....	45
4.5.3 Diseño de mezcla.....	46
4.5.3.1 Diseño de mezcla con método ACI 211 .....	46
4.5.3.2 Diseño de mezcla del concreto fosforescente.....	50
4.5.3.2.1 Concentraciones de pigmento fotoluminiscente.....	50
4.5.4 Elaboración de muestra .....	51
4.5.5 Ensayo de muestra.....	51
4.5.6 Ensayo de luminiscencia .....	51
4.6 Técnicas e instrumentos .....	52
4.6.1 Técnicas. ....	52

4.6.2 Instrumentos .....	52
4.6.2.1 Validez y confiabilidad.....	52
4.7 Análisis estadístico .....	53
4.7.1 Estadística.....	53
4.7.1.1 Media.....	53
4.7.1.2 Varianza.....	53
4.7.1.3 Desviación estándar.....	54
4.7.1.4 Grados de libertad.....	54
4.7.1.5 Análisis de varianza de un factor.....	54
4.7.1.6 Prueba de t student.....	55
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>56</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>56</b>
5.1 Análisis de resultados .....	56
5.1.1 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto .....	56
5.1.1.1 Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incorporado con pigmento fosforescente y vidrio molido.....	56
5.1.1.2 Resultados de resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incorporado con vidrio molido .....	58
5.1.1.3 Resultados de resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	60
5.1.2 Análisis comparativo del resultado de objetivo general.....	61
5.1.2.1 Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto, con pigmento fosforescente y vidrio molido a diferentes edades.....	61
5.1.2.2 Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido a diferentes edades.....	65
5.1.3 Análisis de resultado de resistencia a la compresión del objetivo específico 1, 2, 3 y 4 .....	69
5.1.3.1 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 5 a edad de 7, 14 y 28 días.....	69
5.1.3.2 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 6 a edad de 7, 14 y 28 días.....	71
5.1.3.3 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 7 a edad de 7, 14 y 28 días.....	73
5.1.3.4 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 8 a edad de 7, 14 y 28 días.....	76
5.1.4 Análisis de resultado de resistencia a la compresión del objetivo específico 5 .....	78
5.1.4.1 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 1 a edad de 7, 14 y 28 días.....	78
5.1.4.2 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 2 a edad de 7, 14 y 28 días.....	80
5.1.4.3 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 3 a edad de 7, 14 y 28 días.....	82

5.1.4.4 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 4 a edad de 7, 14 y 28 días.....	84
5.1.4.5 Análisis de resistencia a la compresión del patrón 1 a edad de 7, 14 y 28 días .....	86
5.1.5 Análisis de resultados de objetivo específico 6 .....	88
5.1.5.1 Análisis de resultado del tiempo de carga y descarga del concreto fosforescente .....	88
5.2 Contrastación de hipótesis .....	89
5.2.1 Contrastación de hipótesis general .....	89
5.2.2 Contrastación de hipótesis específicas .....	103
5.3. Discusión .....	104
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>108</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>108</b>
6.1 Conclusiones.....	108
6.2 Recomendaciones .....	110
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>114</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia y diseño de mezclas .....	115
Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos .....	120
Anexo 3: Resultados.....	130
Anexo 4: Panel fotográfico.....	145
Anexo 5: Ficha técnica del pigmento fotoluminiscente .....	159
Anexo 6: Validación de instrumentos .....	161
Anexo 7: Certificado de calibración de equipos.....	165

## ÍNDICE DE TABLAS

Págs.

<b>Tabla 1</b> — Matriz de operacionalización de variables de la investigación .....	9
<b>Tabla 2</b> — Límite de distribución del tamaño del agregado fino .....	24
<b>Tabla 3</b> — Límites de la granulometría de agregado grueso.....	25
<b>Tabla 4</b> — Valores máximos para el agua utilizado en concreto .....	26
<b>Tabla 5</b> — Clasificación de aditivo .....	27
<b>Tabla 6</b> — Composición de vidrio .....	28
<b>Tabla 7</b> — Tamaño de muestras de control y muestras experimentales para el ensayo en laboratorio .....	37
<b>Tabla 8</b> — Resistencia a la compresión de concreto promedio.....	46
<b>Tabla 9</b> — Aire atrapado en función de TMN.....	47
<b>Tabla 10</b> — Aproximación de agua para diferentes asentamientos .....	47
<b>Tabla 11</b> — Relación de agua y cemento en función de la resistencia.....	48
<b>Tabla 12</b> — Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	49
<b>Tabla 13</b> — Resumen de normas aplicadas a la presente investigación.....	52
<b>Tabla 14</b> — Resultados de resistencia a la compresión del concreto incorporado con pigmento fosforescente y vidrio molido .....	56
<b>Tabla 15</b> — Resultados de resistencia a la compresión del concreto incorporado con diferentes porcentajes de vidrio molido .....	58
<b>Tabla 16</b> — Resultados de resistencia a la compresión del concreto convencional.....	60
<b>Tabla 17</b> — Resistencia a la compresión del experimento 5 a la edad de 7 días .....	69
<b>Tabla 18</b> — Resistencia a la compresión del experimento 5 a la edad de 14 días .....	69
<b>Tabla 19</b> — Resistencia a la compresión del experimento 5 a la edad de 28 días .....	70
<b>Tabla 20</b> — Resistencia a la compresión del experimento 6 a la edad de 7 días .....	71
<b>Tabla 21</b> — Resistencia a la compresión del experimento 6 a la edad de 14 días .....	72
<b>Tabla 22</b> — Resistencia a la compresión del experimento 6 a la edad de 28 días .....	72
<b>Tabla 23</b> — Resistencia a la compresión del experimento 7 a la edad de 7 días .....	73
<b>Tabla 24</b> — Resistencia a la compresión del experimento 7 a la edad de 14 días .....	74
<b>Tabla 25</b> — Resistencia a la compresión del experimento 7 a la edad de 28 días .....	74
<b>Tabla 26</b> — Resistencia a la compresión del experimento 8 a la edad de 7 días .....	76
<b>Tabla 27</b> — Resistencia a la compresión del experimento 8 a la edad de 14 días .....	76
<b>Tabla 28</b> — Resistencia a la compresión del experimento 8 a la edad de 28 días .....	77
<b>Tabla 29</b> — Resistencia a la compresión del experimento 1 a la edad de 7 días .....	78
<b>Tabla 30</b> — Resistencia a la compresión del experimento 1 a la edad de 14 días .....	78
<b>Tabla 31</b> — Resistencia a la compresión del experimento 1 a la edad de 28 días .....	79
<b>Tabla 32</b> — Resistencia a la compresión del experimento 2 a la edad de 7 días .....	80
<b>Tabla 33</b> — Resistencia a la compresión del experimento 2 a la edad de 14 días .....	80
<b>Tabla 34</b> — Resistencia a la compresión del experimento 2 a la edad de 28 días .....	81
<b>Tabla 35</b> — Resistencia a la compresión del experimento 3 a la edad de 7 días .....	82
<b>Tabla 36</b> — Resistencia a la compresión del experimento 3 a la edad de 14 días .....	82

<b>Tabla 37</b> — Resistencia a la compresión del experimento 3 a la edad de 28 días .....	83
<b>Tabla 38</b> — Resistencia a la compresión del experimento 4 a la edad de 7 días .....	84
<b>Tabla 39</b> — Resistencia a la compresión del experimento 4 a la edad de 14 días .....	84
<b>Tabla 40</b> — Resistencia a la compresión del patrón 1 a la edad de 7 días .....	86
<b>Tabla 41</b> — Resistencia a la compresión del patrón 1 a la edad de 14 días .....	86
<b>Tabla 42</b> — Resistencia a la compresión del patrón 1 a la edad de 28 días .....	87
<b>Tabla 43</b> — Prueba de normalidad de las muestras de concreto a la edad de 7 días.....	90
<b>Tabla 44</b> — Prueba de normalidad de las muestras de concreto a la edad de 14 días.....	91
<b>Tabla 45</b> — Prueba de normalidad de las muestras de concreto a la edad de 28 días.....	91
<b>Tabla 46</b> — Prueba de análisis de varianza de un factor del concreto a la edad de 7 días.....	92
<b>Tabla 47</b> — Prueba de análisis de varianza de un factor del concreto a la edad de 14 días.....	92
<b>Tabla 48</b> — Prueba de análisis de varianza de un factor del concreto a la edad de 28 días.....	93
<b>Tabla 49</b> — Prueba de medias por diferencia significativa honesta – edad de 7 días.....	94
<b>Tabla 50</b> — Prueba de medias por diferencia significativa honesta – edad de 14 días.....	96
<b>Tabla 51</b> — Prueba de medias por diferencia significativa honesta – edad de 28 días.....	98
<b>Tabla 52</b> — Subconjuntos homogéneos Tukey a edad de 7 días .....	101
<b>Tabla 53</b> — Subconjuntos homogéneos Tukey a edad de 14 días .....	101
<b>Tabla 54</b> — Subconjuntos homogéneos Tukey a edad de 28 días .....	102
<b>Tabla 55</b> — Resistencia a la compresión de las muestras de concreto a edad de 14 días, 28 días de curado .....	106
<b>Tabla 56</b> — Matriz de consistencia .....	115
<b>Tabla 57</b> — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 10 % de vidrio molido .....	117
<b>Tabla 58</b> — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 20 % de vidrio molido .....	117
<b>Tabla 59</b> — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 30 % de vidrio molido .....	118
<b>Tabla 60</b> — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 100 % de vidrio molido .....	118
<b>Tabla 61</b> — Resumen de diseño de mezcla con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente.....	119
<b>Tabla 62</b> — Resumen de diseño de mezcla de concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
<b>Figura 1</b> — Reflexión de luz .....	17
<b>Figura 2</b> — Absorción de luz .....	18
<b>Figura 3</b> — Transmisión de luz .....	18
<b>Figura 4</b> — Pigmento fosforescente .....	33
<b>Figura 5</b> — Pigmento fluorescente .....	33
<b>Figura 6</b> — Esquema de procedimiento .....	38
<b>Figura 7</b> — Diagrama de flujo secuencial de análisis estadístico .....	55
<b>Figura 8</b> — Resistencia a la compresión de concreto con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente a los 7 días .....	61
<b>Figura 9</b> — Resistencia a la compresión de concreto con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente a los 14 días .....	62
<b>Figura 10</b> — Resistencia a la compresión de concreto con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente a los 28 días .....	63
<b>Figura 11</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con diferentes proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente .....	64
<b>Figura 12</b> — Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto incorporados con vidrio molido a los 7 días .....	65
<b>Figura 13</b> — Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto incorporados con vidrio molido a los 14 días .....	66
<b>Figura 14</b> — Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto incorporados con vidrio molido a los 28 días .....	67
<b>Figura 15</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con diferentes proporciones de vidrio molido .....	68
<b>Figura 16</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente .....	70
<b>Figura 17</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente .....	73
<b>Figura 18</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente .....	75
<b>Figura 19</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente .....	77
<b>Figura 20</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 10 % de vidrio molido .....	79
<b>Figura 21</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 20 % de vidrio molido .....	81
<b>Figura 22</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 30 % de vidrio molido .....	83
<b>Figura 23</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 100 % de vidrio molido .....	85
<b>Figura 24</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto convencional .....	87
<b>Figura 25</b> — Curva de resistencia a la compresión del concreto convencional .....	88

<b>Figura 26</b> — Guía de observación N° 01: Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E 204)	120
<b>Figura 27</b> — Guía de observación N° 02: Análisis granulométrico de agregado grueso (MTC E 204)	121
<b>Figura 28</b> — Guía de observación N° 03: Contenido de humedad de agregado (MTC E 215)	122
<b>Figura 29</b> — Guía de observación N° 04: Peso unitario del agregado fino (MTC E 203)	123
<b>Figura 30</b> — Guía de observación N° 05: Peso unitario del agregado grueso (MTC E 203)	124
<b>Figura 31</b> — Guía de observación N° 06: Gravedad específico y absorción del agregado fino (MTC E 205)	125
<b>Figura 32</b> — Guía de observación N° 07: Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206)	126
<b>Figura 33</b> — Guía de observación N° 08: Asentamiento del concreto (MTC E 705)	127
<b>Figura 34</b> — Guía de observación N° 09: Tiempo de carga y descarga del concreto fosforescente	128
<b>Figura 35</b> — Guía de observación N° 10: Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades	129
<b>Figura 36</b> — Resultado de análisis granulométrico de agregado fino	130
<b>Figura 37</b> — Resultados del análisis granulométrico de vidrio reciclado finalmente molido	131
<b>Figura 38</b> — Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso	132
<b>Figura 39</b> — Resultados de contenido humedad de los agregados	133
<b>Figura 40</b> — Resultados del peso unitario del agregado fino	134
<b>Figura 41</b> — Resultados del peso unitario del agregado grueso	135
<b>Figura 42</b> — Resultados de gravedad específico y absorción del agregado fino	136
<b>Figura 43</b> — Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso	137
<b>Figura 44</b> — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla	138
<b>Figura 45</b> — Resultados de ensayos de luminiscencia del concreto fosforescente	139
<b>Figura 46</b> — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional a edades de 7 días, 14 días y 28 días	140
<b>Figura 47</b> — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido como agregado fino a edad de 7 días	141
<b>Figura 48</b> — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido como agregado fino a edades de 14 días y 28 días	142
<b>Figura 49</b> — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido (agregado fino) y pigmento fosforescente a edad de 7 días	143
<b>Figura 50</b> — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido (agregado fino) y pigmento fosforescente a edades de 14 días y 28 días	144
<b>Figura 51</b> — Cantera Murillo para la toma de la muestra de los agregados	145
<b>Figura 52</b> — Botadero municipal de Quitasol de la ciudad de Abancay (Reciclaje de vidrio)	145
<b>Figura 53</b> — Vidrio reciclado finalmente molido como agregado fino	146
<b>Figura 54</b> — Análisis granulométrico del agregado fino	146
<b>Figura 55</b> — Análisis granulométrico de vidrio reciclado finalmente molido (Agregado fino)	147
<b>Figura 56</b> — Análisis granulométrico del agregado grueso	147

<b>Figura 57</b> — Peso unitario del agregado fino y agregado grueso .....	148
<b>Figura 58</b> — Gravedad específica y absorción del agregado fino .....	148
<b>Figura 59</b> — Peso específico y absorción del agregado grueso .....	149
<b>Figura 60</b> — Proporciones de los materiales incorporando vidrio molido como agregado fino	149
<b>Figura 61</b> — Proporciones de los materiales incorporado con vidrio molido y pigmento fosforescente .....	150
<b>Figura 62</b> — Mezclado de concreto con vidrio molido y pigmento fosforescente .....	150
<b>Figura 63</b> — Determinación del asentamiento del concreto fresco .....	151
<b>Figura 64</b> — Elaboración de especímenes de concreto .....	151
<b>Figura 65</b> — Curado de especímenes de concreto a la edad de 7 días, 14 días y 28 días .....	152
<b>Figura 66</b> — Cargado de concreto fosforescente de 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas y 5 horas expuesto a radiación solar .....	153
<b>Figura 67</b> — Cargado de concreto fosforescente de 5 horas expuestas a radiación solar .....	154
<b>Figura 68</b> — Concreto fosforescente descargados 320 minutos. ....	154
<b>Figura 69</b> — Cargado de concreto fosforescente de 4 horas expuestas a radiación solar .....	155
<b>Figura 70</b> — Concreto fosforescente descargados 290 minutos .....	155
<b>Figura 71</b> — Medidas del diámetro de la sección transversal de los especímenes antes del ensayo .....	156
<b>Figura 72</b> — Selección de especímenes de concreto de acuerdo al código antes del ensayo ....	156
<b>Figura 73</b> — Máquina digital para ensayo de especímenes de concreto a compresión simple..	157
<b>Figura 74</b> — Máquina digital para ensayo de concreto a compresión .....	158
<b>Figura 75</b> — Especificaciones técnicas del pigmento fosforescente .....	160
<b>Figura 76</b> — Validación de instrumentos por juicio de expertos .....	164
<b>Figura 77</b> — Certificado de calibración de la prensa hidráulica para concreto .....	169
<b>Figura 78</b> — Certificado de calibración de la balanza .....	172

## INTRODUCCIÓN

La investigación titulada: “Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023”, surge por el avance tecnológico en la ingeniería de la construcción, lo cual permite que se desarrollen investigaciones de manera permanente en la innovación de los materiales como en el caso del concreto, para mejorar sus propiedades como sus características con el fin de contribuir más beneficios a la sociedad, mayor rentabilidad y sobre todo mayor sostenibilidad con el medio ambiente.

El concreto convencional se ha venido innovando y adaptando conforme a las necesidades del ser humano, motivo por el cual, en esta investigación se busca desarrollar un concreto fosforescente, incorporando con vidrio molido para mejorar sus propiedades mecánicas y características que se pueda aplicar en señalizaciones horizontales de tránsito.

Por el contexto ambiental cada vez más difícil que se origina por la contaminación de los residuos sólidos y otros, surge la idea de reutilizar los vidrios reciclados, como sustituto del agregado fino, para disminuir la opacidad del concreto y que cumplan con las propiedades mecánicas de acuerdo a la NTP e incrementar el brillo de la luminiscencia del concreto fosforescente, para dar las funcionalidades en la señalización vial en la rama de infraestructura vial y pavimentos, con el fin optimizar los recursos y aportar por una educación ambiental sostenible.

El presente proyecto de investigación sostiene como finalidad, evaluar la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido. Para lograr con dicho objetivo se planteó un concreto para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como agregado y luego otro diseño para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido y 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente en ese orden, para luego analizar, contrastar sus propiedades y características como la resistencia a la compresión y el brillo de luminiscencia.

Con esta investigación, se establecerá un concreto fosforescente para implementar en la demarcación de las vías como señalización horizontal, que ayudará a generar una mayor visibilidad para garantizar la seguridad en la vía.

## RESUMEN

Esta investigación surge con el fin de innovar el concreto convencional en un concreto fosforescente para ser aplicado en señalización horizontal en pavimento rígido. Para lo cual se ha empleado el uso del pigmento fosforescente y de vidrio reciclado finalmente molido como reemplazo del agregado fino, con el fin de disminuir la opacidad del concreto que impide el paso de la luz, como también mejorar sus propiedades mecánicas y características a base de este material reciclado pensando en una educación ambiental sostenible. Por lo cual se ha planteado los siguientes objetivos: Evaluar la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido en diferentes porcentajes. Evaluar la resistencia del concreto al incorporar pigmento fotoluminiscente y vidrio molido, así mismo el tiempo de carga y descarga de dicho concreto, para ser aplicado en la señalización de tránsito en pavimento rígido. Para ello, se empleó el tipo de investigación aplicada, el cual se basa en disminuir los accidentes de tránsito, que se genera por la poca visibilidad de las señales de tránsito en horarios nocturnos. Para dicho análisis se tuvo que agrupar las variables en base a 9 grupos de muestras denotadas de la siguiente manera: Patrón 1 (concreto convencional), experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4 (diseños con 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido) y experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 (diseños con 10 %, 20 %, 30 %, 100 % de vidrio molido y 30 g, 60 g, 90 g, 120 g de pigmento fosforescente). Los resultados obtenidos a base de esta investigación demuestran que la máxima resistencia a la compresión es de  $240.185 \text{ kg/cm}^2$  con el experimento 1 y la resistencia a la compresión máxima del concreto fosforescente fue de  $211.31 \text{ kg/cm}^2$  que corresponde al experimento 5, con respecto a la estimación del tiempo de carga y descarga del concreto fosforescente con la energía solar, se puede afirmar que el tiempo de descarga es superior al tiempo de carga y referente al brillo luminiscente se pudo observar que a mayor porcentaje de vidrio molido incrementa la luminiscencia. De acuerdo a los resultados del análisis estadístico para contrastar la hipótesis se emplearon t de student, ANOVA. Se afirma que el experimento 1, experimento 2, experimento 3 supera al experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8. Por otro lado, el experimento 1, experimento 2 es superior al patrón 1, finalmente el tiempo de descarga es mayor al tiempo de carga del concreto fosforescente.

**Palabras clave:** *Cemento, diseño de mezcla, pigmento fosforescente, resistencia a la compresión vidrio.*

## ABSTRACT

This research arises in order to innovate conventional concrete into a phosphorescent concrete to be applied in horizontal signaling on rigid pavement. For which the use of phosphorescent pigment and finally ground recycled glass has been used as a replacement for the fine aggregate, in order to reduce the opacity of the concrete that prevents the passage of light, as well as improve its mechanical properties and characteristics based on of this recycled material thinking about sustainable environmental education. therefore, the following objectives have been set: evaluate the compressive strength of phosphorescent concrete  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  by incorporating ground glass in different percentages. evaluate the resistance of the concrete when incorporating photoluminescent pigment and ground glass, as well as the loading and unloading time of said concrete, to be applied in traffic signaling on rigid pavement. for this, the type of applied research was used, which is based on reducing traffic accidents, which are generated by the poor visibility of traffic signs at night. for this analysis, the variables had to be grouped based on 9 groups of samples denoted as follows: pattern 1 (conventional concrete), experiment 1, experiment 2, experiment 3, experiment 4 (designs with 10%, 20%, 30 % and 100% ground glass) and experiment 5, experiment 6, experiment 7, experiment 8 (designs with 10%, 20%, 30%, 100% ground glass and 30 g, 60 g, 90 g, 120 g of phosphorescent pigment). The results obtained based on this investigation demonstrate that the maximum compressive strength is  $240.185 \text{ kg/cm}^2$  with experiment 1 and the maximum compressive strength of the phosphorescent concrete was  $211.31 \text{ kg/cm}^2$  which corresponds to the experiment 5, with respect to the estimation of the loading and unloading time of phosphorescent concrete with solar energy, it can be stated that the discharge time is longer than the loading time and regarding the luminescent glow, it could be observed that the higher the percentage of ground glass increases luminescence. According to the results of the statistical analysis, student's t-test and anova were used to test the hypothesis. it is stated that experiment 1, experiment 2, experiment 3 surpasses experiment 5, experiment 6, experiment 7, experiment 8. on the other hand, experiment 1, experiment 2 is superior to pattern 1, finally the download time is greater than loading time of phosphorescent concrete.

**Keywords:** *Cement, mix design, phosphorescent pigment, compressive strength, glass.*

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

En el mundo actual, el concreto es el material que tiene más demanda en las construcciones de las obras civiles y el que más contribuye al desarrollo económico de los países (CUELLAR, 2018).

Cabe destacar, el continente americano en los últimos años tuvo un crecimiento demográfico, como también el avance tecnológico, que ha permitido que se realicen investigaciones sobre el concreto. El concreto convencional a través de los años se ha venido innovando los componentes a base de materiales reciclados y no reciclados, ya sea para mejorar las propiedades mecánicas u características que resulte más económico y efectivo, por consiguiente, se hace referencia a la especialidad de infraestructura vial y pavimentos que es una de las especialidades más adecuados para reutilizar los materiales reciclados (SANTOS, 2021).

En este contexto ambiental tan difícil, donde las industrias están más preocupadas por su imagen, sin importarles el efecto negativo que generan al medio ambiente, como también la sociedad actual muestra una educación ambiental superficial, el problema es que la contaminación ambiental crece al igual que la población causando serios problemas a nivel mundial.

En el Perú la producción del concreto incrementa con el transcurrir del tiempo como en otros países y por lo cual nos vemos en la necesidad de tener construcciones más prácticas, efectivos, económicos a su vez que tengan una vista estética para generar el bienestar del contorno social. En el caso de botellas de vidrio, en el año 2019 se han generado en promedio 7 millones de toneladas de residuos sólidos, cerca de 20 mil toneladas por día (FUSTAMANTE, 2022). Si bien es cierto, los residuos sólidos se generan principalmente en las viviendas y la población no toma conciencia del reciclaje para emplearlo en otras funcionalidades.

En la ciudad de Abancay al igual que en otras ciudades, el concreto es el material más utilizado en la infraestructura vial, por otra parte, el deterioro de las señalizaciones de tránsito en las

calles de la ciudad de Abancay repercute en el incremento de accidentes de tránsito generándose así pérdida de vidas humanas.

Como diagnóstico, se determinó que el concreto convencional en las obras viales en la ciudad juega un papel muy importante por su resistencia, durabilidad y economía, pero en vista de las señalizaciones horizontales definidas en el concreto tiene una vida útil muy corta por lo cual, siendo necesario realizar mantenimientos periódicos, por ello en ciertas ocasiones se generan los problemas de accidentes de tránsito a causa de señalizaciones deterioradas y la poca visibilidad en horarios nocturnos.

El pronóstico que se espera, si no se intervienen con investigaciones e innovaciones más funcionales y efectivos en la señalización de tránsito expuestas en el concreto convencional, aumentará los riesgos de los accidentes de tránsito (ESPINOSA, 2022).

Para mitigar las causas y efectos descritas anteriormente de concreto convencional empleadas en pistas y veredas expuestas en ella las señalizaciones de tránsito en la ciudad de Abancay, se busca innovar las características de un concreto convencional a base de pigmento fosforescente y vidrio molido, generando como resultado un concreto fosforescente que cumplan con las propiedades mecánicas de acuerdo a la NTP, para dar las funcionalidades en la señalización de tránsito en la rama de infraestructura vial y pavimentos con el fin de disminuir los accidentes de tránsito y aportar por una educación ambiental sostenible.

## **1.2 Enunciado del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido en diferentes porcentajes?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente?
- ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente?

- ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente?
- ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente?
- ¿Cuál es el comportamiento del concreto al incorporar el 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino?
- ¿Cuál es el comportamiento del pigmento fosforescente y vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de carga y descarga?

### **1.3 Justificación de la investigación**

A través del tiempo el concreto convencional se ha venido innovando y acondicionando de acuerdo a las necesidades de los seres humanos y con esta investigación se busca desarrollar un concreto fosforescente de resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , aprovechando el vidrio molido para generar una característica translúcida del concreto como también mejorar la resistencia a la compresión y añadiendo el pigmento se logre generar un material que tienda a reemplazar las señalizaciones de tránsito convencionales para así lograr con una señalización con mayor vida útil y fotoluminiscente para establecer vías más seguras.

El concreto fosforescente estará basado principalmente para la aplicación en señales de tránsito horizontal y rompemuelles, para disminuir los accidentes de tránsito que se generan por la poca visibilidad de señales de tránsito en horarios nocturnos y por estado de tiempo adverso.

El concreto tradicional al ser incorporado con vidrio molido y pigmento fosforescente, se genera como resultado un concreto fosforescente lo cual será como una alternativa en la seguridad vial, también se puede emplear en parques, jardines, piscinas y demás decorativos, para incrementar el bienestar del entorno social y cultural de la población como también favoreciendo el desarrollo sostenible. Finalmente, este estudio permitirá afirmar la resistencia a la compresión de un concreto fosforescente al incorporar con diferentes porcentajes de vidrio molido como reemplazo parcial u absoluto del agregado fino.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido en diferentes porcentajes.

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente.
- Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente.
- Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente.
- Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente.
- Evaluar el comportamiento del concreto al incorporar el 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino.
- Evaluar el comportamiento del pigmento fosforescente y vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de carga y descarga.

## 2.2 Hipótesis de la investigación

### 2.2.1 Hipótesis general

El vidrio molido influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar en diferentes porcentajes.

### 2.2.2 Hipótesis específicos

- La resistencia a la compresión incorporado con 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente es superior a la resistencia a compresión del concreto patrón.
- La resistencia a la compresión incorporado con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente es inferior a la resistencia a compresión del concreto patrón.
- La resistencia a la compresión incorporado con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente es inferior a la resistencia a compresión del concreto patrón.
- La resistencia a la compresión incorporado con 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente es inferior a la resistencia a compresión del concreto patrón.
- El vidrio molido en las proporciones de 10 %, 20 %, 30 % y 100 %, mejora la resistencia a la compresión del concreto convencional.
- El vidrio molido y pigmento fosforescente, influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de descarga es mayor al tiempo de carga, del concreto fosforescente.

### 2.3 Operacionalización de variables

**Tabla 1 — Matriz de operacionalización de variables de la investigación**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índice
VI: Vidrio molido	Es un material homogéneo, compacto y transparente de característica frágil y está compuesto principalmente de arena de sílice (RIMAC, 2022).	La medida de las proporciones del vidrio molido derivado de botellas de vidrio, se medirá en porcentaje de peso, como reemplazo del agregado fino.	Incorporar al: - 10 % de vidrio molido - 20 % de vidrio molido - 30 % de vidrio molido - 100 % de vidrio molido	Incorporar en porcentajes de vidrio molido respecto al agregado fino	%
VD: Resistencia a la compresión del concreto fosforescente	Es el esfuerzo máximo que resiste el concreto fosforescente bajo una carga de aplastamiento por unidad de área, se expresa en términos de esfuerzo. (MEDINA y MORENO, 2018)	La medida de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente, se medirá en unidades de $(\text{kg}/\text{cm}^2)$ , de acuerdo a la norma NTP 339.034.	Incorporar en: - 30 g de pigmento fosforescente - 60 g de pigmento fosforescente - 90 g de pigmento fosforescente - 120 g de pigmento fosforescente	Incorporar en proporciones de peso, el pigmento fosforescente	kg
			Resistencia del concreto	Compresión axial	$\text{kg}/\text{cm}^2$
			Luminiscencia	Tiempo	t

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1. Antecedentes de ámbito internacional

ARDILA y RIVEROS (2021) en la tesis denominado “Estudio de la pérdida de luminiscencia de un concreto fosforescente fabricado con materiales reciclados”, donde se propuso diseñar un concreto luminiscente para evaluar la pérdida de luminiscencia propensos a fases de humedecimiento y secado para ser aplicados en la señalización vial, donde evaluaron a través de especímenes de concreto incorporados por un porcentaje de pigmento fosforescente, utilizando un formato para determinar las inspecciones de los materiales, equipos y otros recursos que estén de acuerdo a la norma, y las conclusiones adquiridas a base de esta investigación demuestran que a la resistencia mínima proyectada de 17 MPa, ninguno de los diseños del concreto fosforescente con relación de agua y resina de 50/50 y de 70/30 con 10 %, 20 % y 30 % de pigmentos fosforescentes alcanzó, con el diseño de agua y resina de 50/50 con 20 % de pigmento alcanzó una resistencia de 11 MPa que es inferior del diseño de concreto pobre que es de 13,5 MPa, referente a la disminución de luminiscencia, lograron percibir a través de imágenes visuales que las probetas con relación agua-resina 50-50 y con 30 % de pigmento a los 12 ciclos de humedecimiento y secado en el ensayo de degradación pierden la tonalidad y obtienen un resplandor equivalente al 10 % de pigmento, sin embargo con el diseño de agua-resina 70-30 y con 30 % de pigmento fosforescente se obtuvo menor pérdida de color y con respecto a la estimación de carga y descarga se describe el impacto de la resina en el diseño, las probetas incorporadas con 30 % de pigmento fueron inferiores comparados con los de 50 % de este último, el diseño con 20 % de pigmento y con 50 % de resina después de descargarse durante 6 horas tiene el brillo equivalente a la descarga de 4 horas del diseño con 30% del pigmento fosforescente.

HERNÁNDEZ y ROJAS (2021) en su trabajo de investigación “Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino” donde propuso evaluar la variabilidad del concreto añadido con vidrio molido, y las conclusiones concretadas a base de esta investigación fue que el diseño que genero resultados más óptimos fue la incorporación del 6 % de vidrio molido como sustitución del agregado fino,

alcanzando una resistencia óptimo de 23.07 MPa, excediendo en 6.5 % la máxima resistencia de la muestra patrón que es de 21.66 MPa, como también con el porcentaje de 5 % mejora la resistencia con respecto a la muestra del patrón, pero la muestra con 4 % no incremento la resistencia con referente a la muestra patrón.

PINZÓN (2022) en su proyecto de investigación denominado “Concreto modificado con vidrio reciclado”, donde se propuso analizar los porcentajes de vidrio molido de ¼ pulgada más óptimos como reemplazo parcial del cemento en los diseños de mezcla con resistencia de 17.5 MPa, 21.0 MPa, 24.5 MPa y 28.0 MPa, los porcentajes de vidrio molido que se emplearon para reducir el peso del cemento fueron de 15 %, 20 %, 25 % y 30 %. Se llegaron a las siguientes conclusiones, para la mayoría de resistencias de diseño, se consiguieron resistencias menores al diseño de mezcla inicial, a base de estos resultados, el concreto se puede emplear en sardineles, andenes. Por otro lado, se define que el mejor porcentaje de vidrio molido es de 15 %, para la resistencia de 21 MPa, obteniéndose una proporción de 1:2:3.

### **3.1.2. Antecedentes de ámbito nacional**

RÁZURI y LEÓN (2020) en su proyecto de investigación “Resistencia a la compresión de un concreto agregando vidrio reciclado finamente molido” donde propuso evaluar la incidencia del vidrio triturado en diferentes proporciones en la resistencia a la compresión axial del concreto. Se analizaron en 48 probetas utilizando las fichas de evaluación para los correspondientes registros y las conclusiones obtenidos a base de esta investigación fueron que al incorporar el 15 % de vidrio molido a la dosificación del concreto tradicional de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incremento el esfuerzo de compresión hasta  $f'c = 294.80 \text{ kg/cm}^2$ , de tal manera que dicho porcentaje fue el más óptimo encontrado, por lo cual este concreto pueda ser utilizado en los elementos estructurales que requieren dicha resistencia.

MEDINA y AZAÑEDO (2018) en su proyecto de tesis “Influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo – 2018”, donde propuso analizar la luminiscencia del concreto convencionales incorporadas con las piedras fotoluminiscentes y evaluar las propiedades mecánicas, por lo cual se evaluaron en probetas incorporando las piedras fotoluminiscentes en la capa superficial tomando en consideración las normas técnicas peruanas y las conclusiones concretadas en esta

investigación evidencian que la luminiscencia de las piedras fotoluminiscentes no se percibe cuando se ve afectada a la luz de lámpara por el tiempo expuesta a ella, por otro lado, el esfuerzo a la compresión del espécimen patrón fue  $330.31 \pm 6.96 \text{ kg/cm}^2$  a diferencia que al incorporar las piedras fotoluminiscentes fue de  $331.85 \pm 4.77 \text{ kg/cm}^2$  y referente al esfuerzo a flexión se tomaron una resistencia de  $45.78 \pm 2.06 \text{ kg/cm}^2$  como patrón y  $45.85 \pm 1.53 \text{ kg/cm}^2$  fue el resultado al incorporar con piedras fotoluminiscentes.

INOCENTE (2020) en su trabajo de investigación titulado “Diseño de asfalto con adición de piedras fotoluminiscentes para el aumento de la visibilidad en vías, Lima, 2020”, donde propuso realizar un diseño de asfalto incorporando piedras fotoluminiscentes para aplicar en la seguridad vial, el procedimiento se inició elaborando 18 probetas de mezcla asfáltica incorporados con piedras fotoluminiscentes que se harán ensayos en el laboratorio y las conclusiones adquiridas a base de esta investigación, evidencian que el diseño de asfalto establecido con la incorporación de piedras fotoluminiscentes mejora la percepción a base de su propiedad de fotoluminiscencia, que fue en un 14.6 % en la vía de estudio con respecto del asfalto tradicional, generando así la carpeta asfáltica con mejor percepción durante la noche y referente al costo de elaboración del asfalto con incorporación de piedra fotoluminiscente incrementa en un 9.2 % con respecto al costo de un asfalto convencional.

### **3.1.3. Antecedentes de ámbito local**

FERREL y MOREANO (2019) en la tesis “Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac”, donde propuso evaluar la calidad de los agregados en base a los esfuerzos de cargas axial en el concreto, la muestra se obtuvo de 7 canteras como es de Ballón, Corónate, Gamarra, Murillo, Pedregal, Sahuinto y Tapia. Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las propiedades químicas y físicas de los agregados del sector de Pachachaca se encuentran en cualidades ideales para el empleo, que fueron evaluados a base de la norma técnica peruana, y lo cual influyen en la resistencia del concreto.

DÍAZ (2022) en su proyecto de investigación “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las bloquetas de concreto incorporando vidrio molido en Abancay- Apurímac - 2022” donde se plantearon evaluar las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, adicionando 15 % de vidrio triturado. Los resultados concretados en esta investigación demuestran que la resistencia a la compresión con el 15 % de vidrio molido a superado en 1.17 % a la muestra patrón.

RIVAS y ALTAMIRANO (2023) en su trabajo de investigación “Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido de los jirones de Abancay y Santa Teresa, Andahuaylas, 2022”, donde se propuso evaluar la resistencia a la compresión y flexión del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporado con fibra de acero y vidrio molido. Las conclusiones obtenidas en esta investigación afirman que cuando se agrega  $10 \text{ kg/m}^3$  de vidrio molido se obtiene una resistencia de  $250.62 \text{ kg/cm}^2$  y cuando se incorpora  $20 \text{ kg/m}^3$  de vidrio triturado llega a una resistencia de  $240.39 \text{ kg/cm}^2$  de ello se puede decir que el resultado más óptimo fue de  $250.62 \text{ kg/cm}^2$ , siendo superior en 10.6 % a la muestra patrón.

## **3.2 Marco teórico**

### **3.2.1 Concreto fosforescente**

MEDINA y MORENO (2018) denomina a aquel concreto convencional, cuando se les añade a las proporciones de la mezcla de concreto, elementos fosforescentes para modificar su estructura con el objetivo de generarle propiedades luminiscentes. De esta forma, el concreto absorbe la luz solar durante el día, para luego emitir energía luminiscente en la oscuridad. Este material puede aplicarse en cualquier superficie ya sea en parques, rompemuelleres, ciclovías, carreteras, bordes de piscinas, decorativos etc.



**Figura 1 — Luminiscencia de concreto fosforescente**

Extraído: Arqzon, 2021

### **3.2.1.1 Luminiscencia**

#### **3.2.1.1.1 Historia de luminiscencia**

Desde aquellos tiempos se ha conocido la luminiscencia a través de sustancias, he inclusive en los seres vivos que brillaban de noche, lo que ha generado la curiosidad a los seres humanos.

La luminiscencia de los materiales fue definida por primera vez en 1603 por Vincenz Cascariolo de Bolonia, quien calentó polvos de barita natural (sulfato de bario) con carbón y encontró que la mezcla resultante en forma de torta brillaba en la oscuridad. Percibió que la radiación solar cargaba a la piedra y luego durante un intervalo de tiempo iluminaba en la oscuridad. Por esta razón le puso el nombre de lápiz Solaris (piedra del Sol). También fue estudiada la piedra por los científicos italianos Galileo Galilei y Gulio Lagulla. Por su característica poroso también le llamaron spongia Solís (esponja solar), en la suposición de que absorbiera la luz. En 1652, sin embargo, Nicolás Zucchi demostró, por medio de filtros ópticos, que el color de la luz emitida durante la noche era la misma que cuando la piedra era expuesta a luz blanca o de otros colores, como azul o verde. En 1640, Fortuni Liceti escribió la primera monografía acerca de la piedra de Bolonia a la que los griegos llamaban litosforo o piedra de fósforo, donde fósforo significa “dador de luz”. A partir de

Cascariolo se designó como fosforescentes a los elementos que presentaban la propiedad de brillo durante largo tiempo después de ser expuesta a una fuente de luz.

El término “luminiscencia” fue empleado por primera vez en 1888 por el físico e historiador alemán, Eilhardt Wiedermann, como todos aquellos fenómenos de emisión de luz que no están únicamente condicionados por la elevación en la temperatura, refiriéndose al hecho de que todos los líquidos y sólidos emiten radiación de longitudes de onda cada vez más cortas cuando su temperatura va progresivamente elevándose por encima del cero absoluto. Finalmente, las longitudes de onda pueden percibirse por el ojo humano y el material empieza a ser rojo caliente y finalmente blanco caliente. Esta propiedad es la incandescencia ó “luz caliente” en contraste con la luminiscencia ó “luz fría” (MEDINA y MORENO, 2018).

#### **3.2.1.1.2 Fotoluminiscencia**

La fotoluminiscencia es cuando la luz incidente es proyectada sobre la superficie de un material, lo cual, es absorbido y almacenada para luego emitirlo como energía luminiscente en ausencia de la luz incidente como forma de excitación. La banda de absorción es particularidad del material y suele encontrarse tanto en la luz visible como en el ultravioleta. La coloración de la luz emitida es particularidad del mecanismo de fotoluminiscencia. En un experimento de fotoluminiscencia el espectro de la luz excitadora debe contener frecuencias o longitudes de onda dentro de la banda de absorción del material, aunque el espectro de luminiscencia no cambia al variar la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la luz excitadora dentro de los límites de la banda de absorción. Por tanto, el espectro de luminiscencia es una característica del material (ARGIZ y SANJUÁN, 2019).



**Figura 2 — Señalización horizontal de tránsito con materiales luminiscentes**

Extraído: Motor.es, 2022

#### **3.2.1.1.2.1 Fluorescencia**

La fluorescencia es un fenómeno que tiene algunos átomos y moléculas de absorber la luz para luego emitirla una energía luminiscente de corta duración. Si la molécula no es energizada constantemente por luz natural o artificial, los electrones vuelven a su estado original desactivado, pero al hacerlo, la mayor parte de la energía absorbida se libera como luz de una longitud de onda más larga. El tiempo normal para que los electrones vuelvan a su estado de energía más bajo es muy corto. La fluorescencia de un material puede considerarse un fenómeno prácticamente instantáneo (LÓPEZ, 2022).

#### **3.2.1.1.2.2 Fosforescencia**

La fosforescencia es una forma de fotoluminiscencia que tiene los materiales, lo cual, una vez excitada con cualquier fuente de luz tiende a tener un tiempo determinado de horas de luminosidad, el proceso se lleva en base de una secuencia como es: Absorción y excitación, transferencia de energía y emisión de luminiscencia. Cuando el material tiene una estructura ordenada o bien conocida es posible caracterizar los niveles y bandas de excitación, y por tanto, las transiciones existentes y sus vidas medias (ARDILA y RIVEROS, 2021).

### 3.2.1.2 Transmisión óptica

#### Reflexión

Se genera cuando el rayo de luz incidente rebote cuando entra en contacto con un material generándose un cambio de dirección. La reflexión de la luz se genera de acuerdo a la propiedad de translucidez de los materiales donde una cierta parte de la luz se refracta y la otra parte se propagará en el aire, este fenómeno se da a través de las siguientes leyes de reflexión como es: La normal, rayos incidente y reflejado se interfieren en el mismo plano, ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión (ARDILA y RIVEROS, 2021).

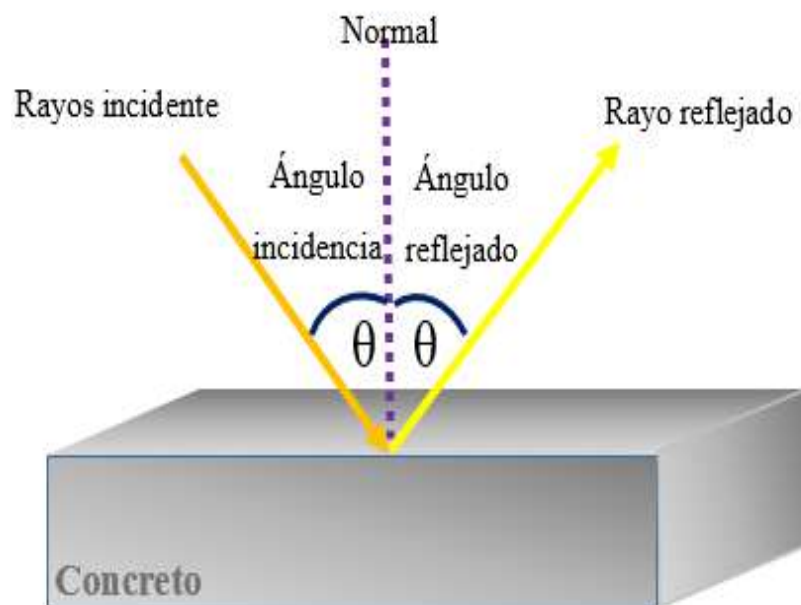


Figura 1 — Reflexión de luz

#### Absorción de luz

Es una propiedad que tiene los materiales de absorber la radiación electromagnética lo cual puede ser remitida o transformada en otro tipo de energía, cada uno de los materiales tiene un índice de refracción distinto y va depender del tipo de material y de su propiedad translúcido, lo que hace que el grado de incidencia de la luz que se le transmite al objeto disminuya cuando penetre el material generándose una intensidad de absorción, reflexión y transmisión (ARDILA y RIVEROS, 2021).

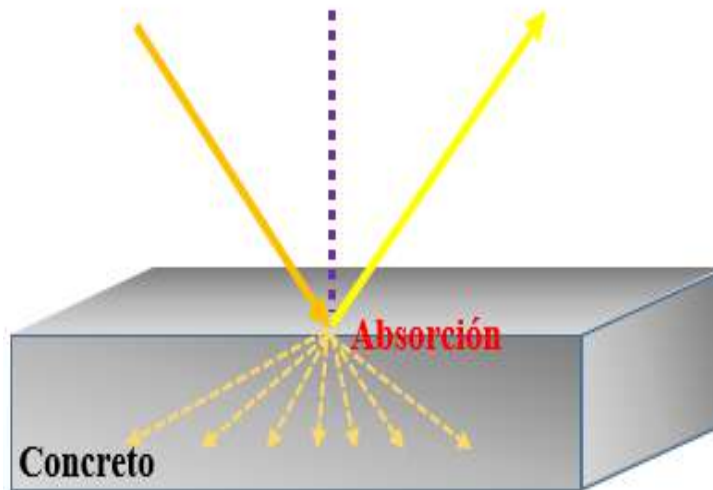


Figura 2 — Absorción de luz

### Transmisión de luz

La transmitancia de la luz incidente en un material, es depende de la capacidad que tiene la energía de penetrar y traspasar relativamente un material con poca absorción y reflejo en un determinado tiempo, lo cual tiene que ver con la propiedad translúcido del material (ARDILA y RIVEROS, 2021).

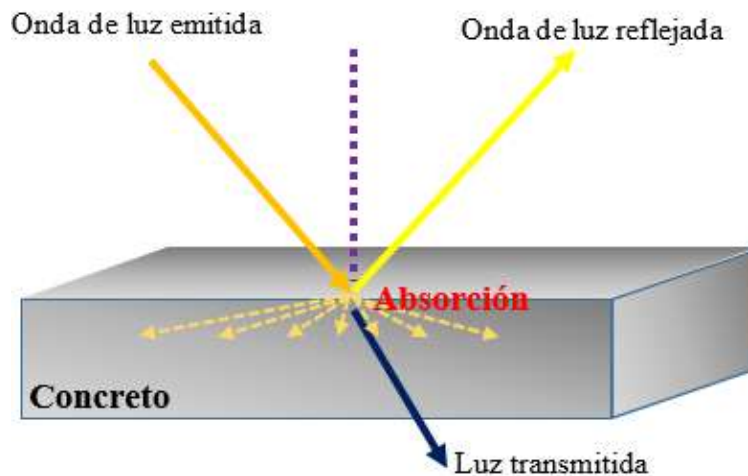


Figura 3 — Transmisión de luz

### 3.2.1.3 Concreto

#### 3.2.1.3.1 Definición de concreto

El concreto es una combinación de grava, arena u otros elementos cohesionados en una mezcla rocosa por intermedio de agua y cemento. En algunas ocasiones el aditivo para modificar algunas características. La pasta está en base de cemento con el hidrante que forman una combinación química. El agregado es un componente discontinuo porque sus partículas no tienen contacto unos a otros, se encuentran dispersados en la pasta endurecida (BROWN y MCCORMAC, 2017).

Según PARKER y AMBROSE (2017) el concreto está compuesto de una mezcla de partículas sueltas de una granulometría graduado, comúnmente se denomina grava y arena que mantienen enlazados por medio de un aglutinante y aditivo en dosificaciones adecuadas de acuerdo al tipo de proyecto para llegar a una resistencia óptimo. El aglutinante está formado de cemento y agua, cuya reacción química genera el endurecimiento de la mezcla.

Es una mezcla de agregado, cemento y agua. Su función del agregado fino es llenar los vacíos del agregado grueso, como también el cemento y el agua, y los tres elementos forman el mortero para unir las partículas.

De acuerdo al contexto y al tipo de proyecto a veces se incorporan los aditivos para modificar o mejorar algunas propiedades del concreto. (HARMSEN, 2017)

El concreto es un material duro, se asemeja a la roca y para que tenga esas características y propiedades se debe efectuar una adecuada dosificación entre cemento, agregado, agua y aire. A diferencia de una roca, el concreto puede ser dimensionado y moldeado a las formas que se requiere y para dar esas características se usan los encofrados (ORTEGA, 2016).

#### 3.2.1.3.2 Componentes de concreto

Según HARMSEN (2017) señala que los materiales deben ser de buena calidad y combinados con proporciones correctas, los componentes del concreto están definido por cuatro elementos como es: Agregados, agua, cemento y el aditivo, actúa como

componente activo y el aire actúa como elemento pasivo. En lo tradicional el componente aditivo son considerados como un componente opcional en el proyecto, ahora en los últimos tiempos estos ingredientes son muy importantes para la ejecución de todo tipo de proyectos como para optimizar el tiempo, eficiencia y economía, además científicamente está demostrada que los aditivos son determinantes en la mejora de resistencia, durabilidad y trabajabilidad, siendo una alternativa más económica y como también la reducción del equipo de colocación, costo de mano de obra, compactación, mantenimiento y reparaciones hasta incluso con el uso de dicho elemento se puede reducir el uso del cemento.

### **3.2.1.3.3 Tipos de concreto**

#### **3.2.1.3.3.1 Concreto simple**

Es la combinación de diferentes materiales como agregado fino, cemento, agregado granular, agua y en algunos casos el aditivo. En el preparado de agregado granular debe ser recubierto totalmente por la pasta de cemento portland, con el agregado fino deberá rellenado los vacíos entre el agregado grueso y también estar recubierto por la misma mezcla (HARMSSEN, 2017).

#### **3.2.1.3.3.2 Concreto armado**

Se denomina cuando al concreto simple se le agrega el refuerzo, ambos materiales trabajan conjuntamente soportando cargas verticales y horizontales, en general se usa en columnas, vigas, techo, puentes, muros, pavimentos y en otras estructuras para lograr una resistencia adecuada.

Según PORRERO y RAMOS (2017) se conoce también al concreto simple cuando tiene armaduras de acero como refuerzo que será diseñado por un especialista, este tipo de armadura soportará los esfuerzos de tracción como también aumentar la resistencia a la compresión del concreto.

### **3.2.1.3.3.3 Concreto estructural**

Concreto estructural es concreto de alta calidad, lo cual ya está elaborado con todas las materias primas de buena calidad de acuerdo al diseño.

Para PARKER y AMBROSE, (2017) Se le llama al concreto estructural, cuando este es dosificado, mezclado, transportado mediante camión mixer o artesanalmente y empleado de acuerdo a la especificación técnica que certifica un concreto de alta calidad y una resistencia óptima.

### **3.2.1.3.3.4 Concreto ciclópeo**

El concreto ciclópeo es la combinación de concreto con piedras de un tamaño considerable de 6 pulgadas a 10 pulgadas de acuerdo a la magnitud y tipo de estructura, el porcentaje de la piedra es de 30 % como máximo colocados adecuadamente a distanciados como mínimo 5 cm entre ellas y recubiertos de concreto.

Según HARMSSEN (2017) se le llama así al concreto simple cuando se incorpora con piedras de tamaño máximo de 10 pulgadas, llegando a cubrir hasta el 30 % del volumen total del concreto como máximo. Las piedras deben ser seleccionadas y lavadas de manera adecuada, para luego ser colocadas ordenadamente teniendo en cuenta el distanciado entre las piedras para luego recubrir por el concreto.

### **3.2.1.3.2 Resistencia a la compresión del concreto**

HARMSSEN (2017) Este parametro se logra en base a ensayos de especimenes que tienes que estar cuardos hasta el instante del ensayo. La resistencia a la compresión axial es una propiedad muy resaltante porque gracias a ello podemos confiar en el diseño, en base a ella se analizan otras propiedades mecánicas como su resistencia a la tracción, resistencia al corte y módulo de elasticidad, entre otras, el concreto contiene propiedades químicas, están regularizadas bajo una normativa.

### 3.2.1.3.3 Cemento

#### 3.2.1.3.3.1 Definición

HARMSSEN (2017) el cemento Portland es resultado de pulverización del Clinker y materiales arcillosos y calcáreos que está compuesto de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, aluminato-ferrito tetracálcico y otros componentes como óxidos de magnesio, titanio, potasio, sodio y manganeso. Como también se define como conglomerante muy representativo en la actividad industrial donde se adquiere en todo el mercado. El cual al entrar en contacto con agua ya sea solo o con los demás componentes del concreto, tiene una reacción química lenta que va incrementando su resistencia a la compresión a lo largo del tiempo. Esencialmente es un material Clinker pulverizado, producto de una cocción a altas temperaturas, de combinaciones que componen cal, sílice, aluminio y hierro en cantidades determinadas.

Según PARKER y AMBROSE (2017) los cementos están para producir concretos proyectados para que alcance su resistencia en 28 días. el cemento portland se vende en diferentes marcas y tipos que tienen distintas propiedades y características, donde la resistencia de cada tipo o marca de cemento son diferentes debido a las modificaciones en su composición y en su finura de acuerdo a la norma ASTM C 150, de la misma forma es muy fundamental incorporar el microsilice para poder obtener un concreto de alta resistencia. También es muy importante seleccionar un tipo de cemento que permite alcanzar a su óptima resistencia de acuerdo al diseño planteado.

#### 3.2.1.3.3.2 Clasificación de cemento portland

Según BROWN y MCOORMAC (2017) el cemento portland se clasifica en 5 tipos como se indica a continuación.

**TIPO I:** Es el cemento de uso general para trabajos de diferentes tipos de obras de concreto, cuando en la especificación técnica no se detalla el uso de los demás tipos de cemento.

**TIPO II:** Este tipo de cemento se emplea en obras de concreto en general como también para las estructuras que están expuestas a los sulfatos que requieren calor de

hidratación moderada, generalmente emplea en zonas húmedas como por ejemplo costa y selva.

**TIPO III:** Es el cemento para uso en obras que requieren de altas resistencias iniciales en corto tiempo, con dicho cemento se obtiene una resistencia a la compresión axial a los 3 días equivalente a la resistencia del concreto a la edad de 28 días elaborados con cementos de tipo I o II.

**TIPO IV:** Este tipo de cemento contiene bajo calor de hidratación, donde es recomendado para desarrollar estructuras de concretos masivo.

**TIPO V:** Es el cemento de alta resistencia a sulfatos. Generalmente cuando se tiene un suelo saturado expuestos al álcalisis, más que nada se emplea en estructuras hidráulicas y en los que están expuestas al agua del mar.

#### **3.2.1.3.4 Agregados**

##### **3.2.1.3.4.1 Definición**

Para BROWN y MCOORMAC (2017) los agregados que se emplean en el concreto, en promedio son las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen del concreto. Los agregados deben ser limpios, durables, fuertes si en el agregado hay presencia de contaminantes como el polvo u otros, estas repercuten en la adherencia entre las partículas y la pasta del cemento. Por otro lado, las propiedades del agregado influyen en la durabilidad como la resistencia del agregado repercute en la resistencia del concreto.

Están compuestas de partículas que constituyen el mayor porcentaje de la unidad cúbica del concreto, por otra parte, los agregados pueden ser obtenidos de rocas ígneas, sedimentaria y metamórficas elaboradas de manera natural o artificial, según la norma técnica peruana (NTP 400.011), las dimensiones están establecidas de acuerdo de una tabla de granulometría. Los agregados son embebidos en la pasta y ocupan entre 65 % y 80 % del metro cúbico de concreto.

### 3.2.1.3.4.2 Agregado fino

Para HARMSEN (2017) el agregado fino son parte de los componentes inertes del concreto, que no interfiere en la reacción química de agua y cemento. No debe contener superior al 5 % de arcilla tampoco más de 1.5 % de materia orgánica aparte de ello debe ser limpio, fuerte y libre de impurezas.

El agregado fino es selecto mediante una malla de 9.5 mm (3/8 pulgadas) y están dentro de la normativa. Granulometría, según la norma (NTP 400.037, 2018) es la medición de partículas de arena, donde se distribuyen de diferentes mallas de tamaño lo cual corresponde a una serie de mallas bajo una normativa, para poder determinar el límite de granulometría de agregado fino son los siguientes números (N.º 4, N.º 8, N.º 16, N.º 30, N.º 50 y N.º 100).

**Tabla 2 — Límite de distribución del tamaño del agregado fino**

Malla		Porcentaje que pasa (Acumulativo)		
3/8"	9.5 mm			100
Nº 4	4,75 mm	95	a	100
Nº 8	2,36 mm	80	a	100
Nº 16	1,18 mm	50	a	85
Nº 30	600 µm	25	a	60
Nº 50	300 µm	26	a	30
Nº 100	150 µm	27	a	10

Extraído: NTP 400.037,2018

### 3.2.1.3.4.3 Agregado grueso

El agregado grueso está compuesto por piedras sieníticas, graníticas y dioríticas. Se puede usar piedra triturada o roca que se haya movido de ríos o depósitos naturales. Como regla general, de la misma manera que el agregado fino no debe contener mayor al 5 % de arcilla, ni superior del 1,5 % de materia orgánica, carbón, etc. Lo ideal es que su tamaño sea inferior a 1/5 de distancia entre las paredes del encofrado, 3/4 del ancho libre entre refuerzo y 1/3 del espesor de las placas (ACI-3.3.2). Para hormigón ciclópeo se puede utilizar piedra de hasta 15 cm y 20 cm. Se puede usar un tamaño

mayor si, en opinión del ingeniero, no causa vacíos. En cuanto a la arena, la norma ASTM-C-33-99 también establece varios estándares para su preparación. Se muestran en la tabla 3. La piedra se determina por el tamaño máximo del agregado. (HARMSEN, 2017)

Según ORTEGA (2016) es un material granulado inerte que se mezclan con agregado fino, agua y aglomerantes para crear morteros y concretos. Lo cual es retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 MM (Nº 4) proveniente de la disgregación natural de la roca por la alteración atmosférica como hielo o el calor. Donde el agregado grueso puede ser piedra chancada y grava que se encuentran en las canteras artificiales y en ríos acumulados de forma natural.

**Tabla 3 — Límites de la granulometría de agregado grueso**

Huso	TMN	Registro granulométrico de agregado grueso															
		Porcentaje que pasa por los tamices normalizados															
		mm	100	90	75	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.03	
mm	Pulgadas	4	3 1/2	3	2 1/2	2	1 1/2	1	03-Abr	01-Feb	03-Ago	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 50		
1	90 a 37.5	3 1/2 a 1 1/2	100	90 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 15	.....	0 a 15	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
2	63 a 37.5	2 1/2 a 1 1/2	.....	.....	100	90 a 100	35 a 75	0 a 15	.....	1 a 15	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
3	50 a 25.0	2 a 1	.....	.....	.....	100	90 a 100	35 a 75	0 a 15	.....	0 a 15	.....	.....	.....	.....	.....	
357	50 a 4.75	2 a Nº 4	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	35 a 70	.....	10 a 30	.....	0 a 5	.....	.....	.....	
4	37.5 a 19.0	1 1/2 a 1/4	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	.....	0 a 5	.....	.....	.....	.....	
467	37.5 a 4.75	2 1/2 a Nº 4	.....	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	35 a 70	.....	10 a 30	0 a 5	.....	.....	.....	
5	25.0 a 9.5	1.0 a 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....	.....	.....	.....	
56	37.5 a 19.3	1.0 a 3/4	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	.....	.....	.....	
57	25.0 a 9.5	1 a Nº 4	.....	.....	.....	.....	.....	100	95 a 100	.....	25 a 60	.....	0 a 10	0 a 5	.....	.....	
6	25.0 a 9.6	3/4 a 3/8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	20 a 60	0 a 15	0 a 5	.....	.....	.....	
67	25.0 a 4.75	3/4 a Nº 4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	.....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	.....	.....	
7	19.0 a 9.5	1/2 a Nº 4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	.....	.....	
8	19.0 a 4.75	3/8 a Nº 8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	.....	
89	12.5 a 4.75	3/8 a Nº 16	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5	
9	9.5 a 2.36	Nº 4 a Nº 16	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	

Extraído: Norma ASTM C33

### 3.2.1.3.5 Agua

#### 3.2.1.3.5.1 Definición

El agua usada para la producción del concreto debe ser limpio libre de sales, materia orgánica, aceites y ácidos, su función principal es hidratar el cemento. Por otro lado, es un componente muy importante en el proceso de elaboración del concreto, depende de dicho elemento para obtener propiedades óptimas del concreto, como resistencia, trabajabilidad y entre otros. El agua al incorporar a la mezcla de concreto deberá estar libre de sustancias perjudiciales que pueden afectar el acero como a la resistencia a la

compresión axial de concreto y también en la etapa de curado juega un papel muy importante para llegar a una resistencia óptima del concreto (HARMSEN, 2017).

Para PARKER y AMBROSE (2017) el agua debe estar libre de sustancias que pueden interferir en la calidad del concreto. El gua incorporado en una mezcla de concreto, genera una reacción química con el aglutinante para establecer una estructura de gel y permite que toda la masa obtenga un material sólido compacto. El estado plástico del concreto nos permite manipular y en condiciones de curado nos permite llegar a un concreto con resistencia adecuado.

### 3.2.1.3.5.2 Requisitos de calidad de agua

El agua empleada en la mezcla cumple dos funciones, los cuales son hidratar el cemento y generar fluidez y lubricación al concreto, para que cumpla esas funciones debe ser limpio e sin sustancias perjudiciales que debe de cumplir con la normativa NTP 339.088. Para emplear el agua en el concreto debe ser limpia sin ningún contaminante como: Aceite, ácido, álcalis, sales, material orgánico, relaves minerales y de otros compuestos químicos que pueden repercutir en las propiedades mecánicas del concreto, a continuación, se percibe el cuadro de valores admitidos como máximo para uso en el concreto (PORRERO y RAMOS, 2017)

**Tabla 4 — Valores máximos para el agua utilizado en concreto**

Sustancias disueltos	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	500 ppm
H.p.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Material orgánica	10 ppm

Extraído: NTP 339.088

### 3.2.1.3.6 Aditivos

#### 3.2.1.3.6.1 Definición

Son sustancias que, al incorporar al concreto ya sea en estado fresco o endurecido modifican sus propiedades y características. Son componentes químicos que se añaden en el proceso de mezclado del concreto para darle ciertas particularidades en las propiedades del concreto, para mejorar, modificar de acuerdo a las solicitaciones del tipo de estructura, para una mejor calidad de trabajo (HARMSEN, 2017).

Para BROWN y MCOORMAC, (2017) son materiales que se emplean para mejorar el desempeño del concreto en ciertas ocasiones, así como también para reducir el costo. Por otro lado, son aquellos materiales adicionales empleados como componente del concreto o mortero donde se puede incorporar en el instante del preparado de concreto para que pueda mejorar sus propiedades y se obtenga una mejor trabajabilidad y optimizar la economía como el tiempo.

**Tabla 5 — Clasificación de aditivo**

Clasificación de aditivos	
Tipo A	Reductor de agua
Tipo B	Retardante
Tipo C	Aceleración de fragua inicial
Tipo C 2	Aceleración de resistencia
Tipo D	Reductor de agua y retardante
Tipo E	Reductor de agua y acelerante
Tipo F	Reductor de agua de alto rango
Tipo G	Reductor de agua de alto rango y retardante
Tipo F 2	Superplastificante
Tipo G 2	Superplastificante y retardante
Tipo A A	Inclisor de agua

Extraído: NMX-C-255-0NNCCE-2005

### 3.2.2 Vidrio molido

HERNÁNDEZ y ROJAS, (2021) para realizar este procedimiento se usa diferentes equipos entre estos está la máquina de Abrasión los Ángeles o manualmente a través del

apisonamiento, lo cual es triturado para obtener los granos relativamente pequeño, posterior a este proceso se realizan los respectivos tamizados por los diferentes números de mallas, donde la mayor parte del material es pasante por el tamiz N.º 40 este dentro de la granulometría de agregados finos según la NTP 400.01.

### 3.2.2.1 Vidrio

Es un material sólido cuyo componente principal es la (sílice SiO<sub>2</sub>) proveniente de arena, cuarzo, de donde tiene un aspecto duro y normalmente transparente, se comporta como un sólido, lo cual es una sustancia de alta viscosidad, a la primera vista se parece mucho a un cristal, la diferencia está en la estructuración de las moléculas que lo componen, donde los enlaces Si-O están dispersados de manera irregular, sin ninguna estructura clara, siendo un material amorfo (CANO y CRUZ, 2017).

Para SEGURA y SIGUENZA (2021) es un material compacto, homogéneo, transparente y muy resistente a la acción de los fenómenos atmosféricos. La elaboración del vidrio está basada en las propiedades de cuarzo, que combinado con potasa y la sosa les da la transparencia, inalterabilidad y resistencia a las temperaturas elevadas. Con el silicato de potasio y óxido de plomo se obtiene el cristal; con el silicato de sodio y la cal se obtiene el vidrio común y con el silicato de potasio y la cal se obtienen vidrios resistentes a altas temperaturas. En general, los vidrios y cristales son mezclas de silicatos de sodio y potasio con pequeñas cantidades de magnesio, aluminio y óxidos de hierro y manganeso.

**Tabla 6 — Composición de vidrio**

Composición	
Sílice	70 % - 75 %
Sodio	12 % - 18 %
Potasio	0 % - 1 %
Calcio	5 % - 14 %
Aluminio	0.5 % - 3 %
Magnesio	0 % - 4 %

Extraído: Gutiérrez, 2013

### 3.2.2.1.1 Propiedades físicas y mecánicas

El vidrio no posee punto de fusión fijo, sino temperatura de reblandecimiento; a rojo blanco es muy fluido prestándose para el calado en moldes; al descender al rojo cereza pasa al estado plástico; cuando está licuado puede soplar, moldearse y estirarse. Su peso específico promedio varía entre 2,40 - 2,72 g/cm<sup>3</sup>. Su dureza y brillo aumentan con el contenido de cal y disminuyen con el óxido de plomo; su dureza, en la tabla de Mohs varía entre 4 y 8. El módulo de elasticidad es de 700000 kg/cm<sup>2</sup> y la tensión de seguridad es de 25 kg/cm<sup>2</sup>. Su resistencia a la compresión y a la flexión es de 125 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, su resistencia depende en gran parte del estado de su superficie, rayones, daños físicos y ataques químicos, la reducen considerablemente. (MORALES, 2017)

### 3.2.2.1.2 Tipos de vidrio

Los tipos de vidrios son de diferentes variedades, donde estos llegan después de su uso al desecho, generando contaminación al medio ambiente, la degradación del vidrio dura 4000 años.

- **Vidrio sódico (silicato de sodio y calcio)**

Es el vidrio que se utiliza para hacer vidrios planos, frascos, botellas y entre otros objetos que tienden tener un color verde por contener hierro en las materias primas para su elaboración (CORTEZ, 2017).

- **Vidrios potásicos (silicato de potasio y calcio)**

El vidrio está compuesto por silicato de potasio y calcio, que tienen una estructura más dura, más brillante, más resistente a la temperatura y más resistente a la acción de ácidos, que el anterior tipo de vidrio (CORTEZ, 2017).

- **Vidrios plúmbicos (silicato de potasio y plomo)**

Este tipo de vidrio tiene una composición de silicato de potasio y plomo, tiene un peso específico alto y posee un esplendor notable, son muy transparentes, sonoros y refractan muy bien la luz. Dentro de estos vidrios se encuentra el

crystal, el flintglass empleado en óptica y el strass que sirve para elaborar piedras preciosas artificiales (CORTEZ, 2017).

- **Vidrios de boro-silicato**

El principal componente es el óxido de boro después del silicio. Es relativamente inerte por lo cual es muy difícil de fundir y procesar los átomos de boro donde se incorporan a la estructura como Si-O-B. Lo cual soporta la variación de altas temperaturas, pero no superior al del vidrio de sílice puro, pues aun cuando presenta el mismo tipo de vibración, la longitud de los enlaces varía más cuando está presente el boro y el material tiene un coeficiente de dilatación mayor (CORTEZ, 2017).

- **Vidrios de sílice**

Elaborado con 96 % de silicio lo cual es tan duro y más dificultoso de elaborar, lo cual es imprescindible aplicar una onerosa técnica al vacío para conseguir un producto para emplear en usos particulares, que transfiere energía radiante ultravioleta y del infrarrojo con la pérdida menor de energía.

Los vidrios que tiene una composición del 96 % de silicio, tienden a tener una mayor estabilidad una temperatura de reblandecimiento tan elevada que soportan temperaturas hasta de 900 °C durante largo tiempo. A temperaturas más altas que éstas, puede producirse una desvitrificación y la superficie se ve turbia. Por todas estas propiedades se utilizan en la fabricación de material de laboratorio, que requiere una resistencia excepcional al calor (CORTEZ, 2017).

### **3.2.2.1.3 Reciclaje del vidrio**

Para MORALES (2017) el vidrio tiene su propio periodo natural por lo cual llegan tener dos a cuatro ciclos principales: Reutilización (devolución y embotellado, bajo una previa limpieza con condiciones estrictas), reciclaje (reparar, reusar y reutilizar donde sirven para hacer los mismos u otras cosas). En ambos lados, no hay ninguna restricción a la reutilización de los materiales reciclados.

También nos dice CORTEZ (2017) que los vidrios son idealmente para poder reciclar al total de 100 %, en el campo los materiales renovables es un caso único de los fragmentos de vidrios como arena, piedra caliza, feldespato y otros minerales son utilizados como materias primas para su elaboración de vidrios. La mayoría de estos vidrios de fragmentos proceden de envases, tanto de aquellos que terminan su periodo de reuso como son los descartables. Actualmente los millones de toneladas vienen a ser recicladas de manera mensual en todo el país donde llegan a un porcentaje por encima de 50 % de vidrio reciclado en la carga del horno. Por otro lado, es importante ver que esta práctica fue siempre frecuente y una elaboración necesaria en la fabricación del vidrio, así como de muchos otros materiales.

### 3.3 Marco conceptual

- **Concreto**

Es un material sumamente artificial que está mezclado de elementos como agregados, cemento y agua. Al añadir agua en la mezcla de los elementos de la pasta se genera una reacción química. El agregado en el concreto está embebido de forma discontinua ya que las partículas están dispersadas por diferentes espesores de la pasta endurecida. Cabe mencionar que la calidad del concreto estará principalmente determinada por las características físicas y químicas de los elementos que componen el concreto (BROWN y MCCORMAC, 2017).

- **Resistencia a la compresión**

Se define como la máxima resistencia a la compresión mediante una muestra de espécimen de concreto. Usualmente se define en unidades de kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) al llegar a los 28 días donde se le denomina con el símbolo  $f'_c$ . Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan especímenes cilíndricos de concreto que tiene una medición bajo una norma de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura. La resistencia del concreto a la compresión es comúnmente empleada en los diseños de cálculos de estructura. El uso de concreto tiene una resistencia a una compresión entre 175 al 350  $\text{kg}/\text{cm}^2$  de igual manera el concreto de alta resistencia tiende a llegar a 420  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (HARMSEN, 2017).

- **Cemento**

De todos los componentes del concreto, el cemento es el elemento más activo del concreto por sus elementos químicos, como también el que tiene mayor costo unitario en el mercado. La propiedad del concreto dependerá fundamentalmente de la calidad de los componentes del cemento, cabe mencionar que el uso adecuado del cemento cumpliendo con las propiedades requeridas para una mezcla son de vital importancia en la optimización de recursos (HARMSEN, 2017).

- **Agregado**

“Son materiales inertes que se mezclan con los aglutinantes como (cemento, cal, etc.) y el agua, estableciendo los concretos y morteros se separan en agregado finos y agregados gruesos” (BROWN y MCCORMAC, 2017).

- **Agua**

Es el componente imprescindible para la hidratación del cemento, siempre en cuando esté sin contaminantes para que no ocasione problemas colaterales cuando tenga sustancias que pueden dañar el concreto. Cuando se incorpora en el concreto tiene tres atribuciones principales: Reacción con el cemento para hidratación, actúa como lubricante para una buena trabajabilidad y generar pasta de concreto (PARKER y AMBROSE, 2017).

- **Aditivo**

Son sustancias químicas que se añaden a la mezcla de concreto con el objetivo de modificar las propiedades del concreto y dar la mejor calidad al trabajo, como también optimizar la economía y el tiempo (HARMSEN, 2017).

- **Pigmento fosforescente**

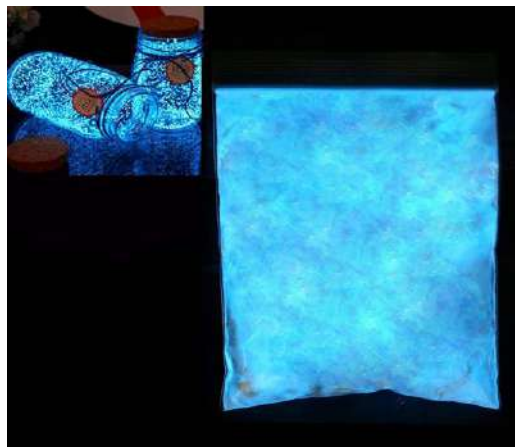
FOTOLUMINISCENTE (2022) son materiales que absorben, almacenan al ser excitadas sus electrones, ya sea con luz natural o artificial para luego radiar en la oscuridad por largos intervalos de tiempo, se pueden cargar tantas veces por que el proceso de carga y descarga es reversible.



**Figura 4 — Pigmento fosforescente**  
Extraído: Alibaba, 2023

- **Pigmento fluorescente**

(FOTOLUMINISCENTE, 2022) son materiales que producen luminiscencia durante nanosegundos al ser excitados sus electrones con cualquier fuente de luz, es por ello que necesitan constantemente la iluminación de la luz para generar luz de colores altamente llamativos.



**Figura 5 — Pigmento fluorescente**  
Extraído: Amazon, 2023

- **Vidrio**

Es una sustancia sólido cerámico usado generalmente en la construcción, es un material sólido, homogéneo, transparente y muy duro a la acción de los agentes atmosféricos y calor. Compuestas generalmente por sílice ( $\text{SiO}_2$ ), los vidrios y cristales son mezclas de silicatos de sodio y potasio con pequeñas proporciones de magnesio, óxidos de hierro, aluminio y manganeso (SEGURA y SIGUENZA, 2021).

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

##### 4.1.1 Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo aplicada, el cual pretende establecer un concreto fosforescente con incorporación de vidrio molido, con una resistencia a la compresión igual o superior a la resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para ser aplicado en señalizaciones de tránsito en pavimentos, con el fin de reducir los accidentes de tránsito por la poca visibilidad de señales de tránsito principalmente en horarios nocturnos.

##### 4.1.2 Nivel de investigación.

Esta investigación es de nivel explicativa, el cual se basa en asociar causa y efecto entre la variable dependiente e independiente en las muestras de concreto para luego a través de los ensayos se miden, analizan la variabilidad de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente con incorporación de vidrio molido en diferentes porcentajes para luego establecer la relación causal de las variables.

#### 4.2 Diseño de investigación

El diseño de este proyecto de tesis es cuasiexperimental, porque se empleará el vidrio molido en diferentes proporciones como variable independiente para luego evidenciar las variaciones que se generan en el concreto fosforescente (variable dependiente), por consiguiente, se clasificará las muestras en grupos.

#### 4.3 Descripción ética de la investigación

La investigación desarrollada tiene el alcance de contribuir el conocimiento científico en beneficio de la sociedad, donde esta investigación se ha realizado con absoluto respeto a los derechos del autor, citando de acuerdo a la norma ISO 690 las ideas concernientes a esta investigación y como también los procesos y etapas se ha llevado abiertamente y respetando la autenticidad de los resultados obtenidos para lo cual se ha tenido en cuenta: respeto de los derechos y la dignidad de las personas, integridad, transparencia, responsabilidad social y la conservación de sus fines.

## 4.4 Población y muestra

### 4.4.1 Población

La población está establecida por muestras de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , conformado por la probetas cilíndricas de concreto convencional, seguidamente por las probetas cilíndricas de concreto con 10 % de vidrio molido, probetas cilíndricas de concreto con 20 % de vidrio molido, probetas cilíndricas de concreto con 30 % de vidrio molido, probetas cilíndricas de concreto con 100 % de vidrio molido posteriormente por las probetas cilíndricas de concreto con 30 g de pigmento fosforescente y 10 % de vidrio molido, probetas cilíndricas de concreto con 60 g de pigmento fosforescente y 20 % de vidrio molido, probetas cilíndricas de concreto con 90 g de pigmento fosforescente y 30 % de vidrio molido, por las probetas cilíndricas de concreto con 120 g de pigmento fosforescente y 100 % de vidrio molido según la Norma Técnica Peruana 339.034.

### 4.4.2 Muestra

En esta investigación la muestra está conformado por 81 probetas cilíndricas de mezcla de concreto incorporados con vidrio molido en diferentes porcentajes y pigmento fosforescente en diferentes proporciones, y cumpliendo con la NTP 339.183 se establecieron como mínimo 3 muestras para cada edad y 3 muestra para cada diseño, están agrupados de la siguiente manera.

- **Experimento 1:** Especímenes cilíndricos de concreto con dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 10 % de vidrio molido como agregado fino.
- **Experimento 2:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 20 % de vidrio molido como agregado fino.
- **Experimento 3:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 30 % de vidrio molido como agregado fino.

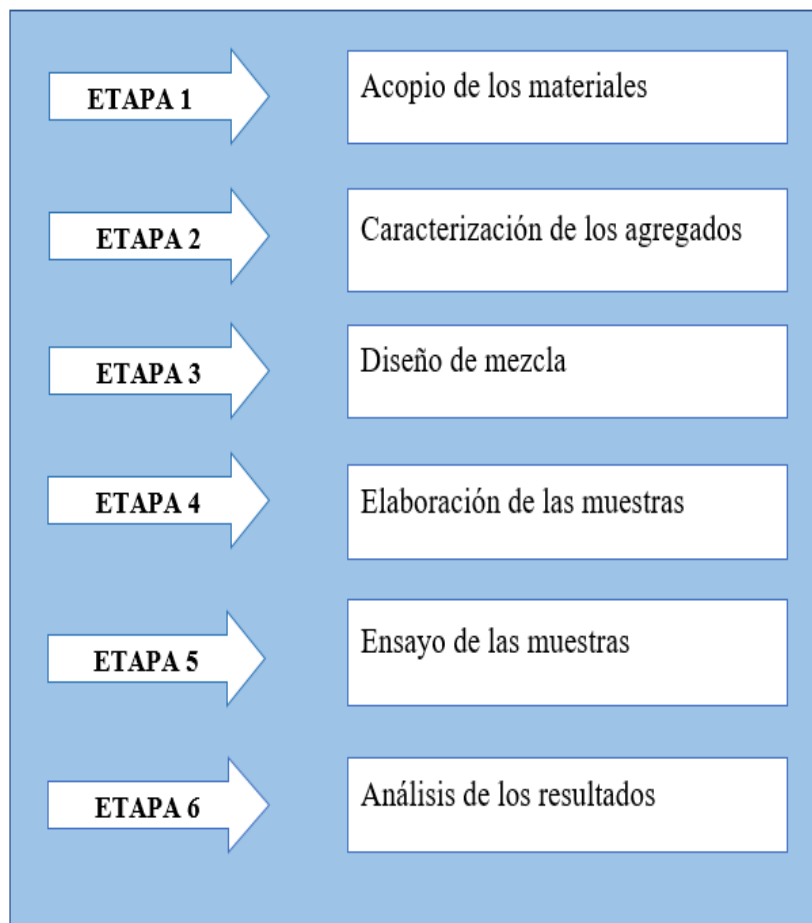
- **Experimento 4:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 100 % de vidrio como agregado fino.
- **Experimento 5:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 30 g de pigmento fosforescente y 10 % de vidrio molido como agregado fino.
- **Experimento 6:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 60 g de pigmento fosforescente y 20 % de vidrio molido como agregado fino.
- **Experimento 7:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 90 g de pigmento fosforescente y 30 % de vidrio molido como agregado fino.
- **Experimento 8:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de 120 g de pigmento fosforescente y 100 % de vidrio molido como agregado fino.
- **Patrón 1:** Especímenes cilíndricos de concreto de dimensiones de 4 pulgadas x 8 pulgadas, elaborados con diseño de concreto convencional.

**Tabla 7 — Tamaño de muestras de control y muestras experimentales para el ensayo en laboratorio**

Grupos de muestras	Control de muestra	Código de muestra	Edades		
			7 días	14 días	28 días
Experimento 1	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-10 %	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 2	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-20 %	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 3	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-30 %	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 4	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-100 %	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 5	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-10 % + 30 g PF	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 6	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-20 % + 60 g PF	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 7	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-30 % + 90 g PF	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Experimento 8	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	VM-100 % + 120 g PF	3 muestras	3 muestras	3 muestras
Patrón 1	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	C-CONV.	3 muestras	3 muestras	3 muestras

#### 4.5 Procedimiento

El procedimiento ha iniciado con el acopio de los materiales, instrumentos y con la demarcación de ensayos y reglamentos a utilizar, a continuación, se ha establecido la caracterización de los agregados, luego se procedió continuar con el diseño mezcla correspondiente para la preparación de muestras cilíndricas de concreto, posteriormente efectuar los respectivos ensayos y finalmente se ha concluido con el análisis de resultados. Seguidamente, se presenta el cuadro de procedimiento.



**Figura 6 — Esquema de procedimiento**

#### **4.5.1 Acopio de materiales**

##### **4.5.1.1 Agregado**

Se usó los materiales como agregado fino y grueso de la cantera Murillo ubicado en el sector de Pachachaca del distrito de Abancay, departamento de Apurímac, a 20 minutos aproximadamente de la ciudad de Abancay.

##### **4.5.1.2 Vidrio**

Se ha reciclado las botellas de vidrio en el botadero de Quitasol donde se encuentra el relleno sanitario de la ciudad de Abancay, ubicado a 15 min aproximadamente de la ciudad de Abancay.

#### **4.5.1.3 Pigmento fosforescente**

En esta investigación se usaron los pigmentos fosforescentes que son capaces de absorber, almacenar la energía lumínica de cualquier fuente de luz, para luego emitir en la oscuridad.

#### **4.5.1.4 Agua**

Para el uso en los ensayos y curado de muestras de concreto se utilizaron agua potable de la red pública de abastecimiento de Emusap Abancay S.A.C.

#### **4.5.1.5 Cemento**

Para este proyecto de tesis “Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido” se utilizó cemento tipo I Yura.

### **4.5.2 Caracterización de materiales**

#### **4.5.2.1 Análisis granulométrico por tamizado**

Este ensayo se da tanto en agregado fino como en el agregado grueso. Realizamos el ensayo de gradación por tamizado, en este se utiliza una sucesión de tamices con distintos diámetros que son enlazados en una columna. En la sección superior de la columna de tamices, donde se encuentra los tamices ordenados de mayor diámetro a menor diámetro de acuerdo de la norma NTP 400.012/ ASTM C-136, se introduce la muestra en la columna de tamices para luego realizar los movimientos giratorios para que la muestra se distribuya en función del tamaño.

#### **Equipos:**

- Estufa: Con la capacidad de conservar una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Balanzas: Con una sensibilidad a 0,1 % del peso de prueba.

### **Materiales:**

- Tamices: Los tamices son de orden de 3/4 pulgadas, 1/2 pulgadas, 3/8 pulgadas, N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Bandeja: Adecuado para los materiales.

### **Procedimiento**

- Se realiza el sacado de la muestra representativa del agregado grueso y fino para realizar el respectivo ensayo.
- La muestra se seca en un recipiente a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por medio de una cocina, evitando la pérdida de las partículas.
- Encajar los tamices en forma de columna en orden decreciente en base al tamaño de abertura.
- Agregamos la muestra secada con mucho cuidado sin desperdiciar ninguna partícula fuera del tamiz.
- Se realiza el tamizado de forma manual por un intervalo de tiempo.
- Se determina el peso retenido de la muestra de cada uno de los tamices, con una balanza.
- Se verifica la contrastación de peso inicial y final, que no debe diferir mayor al 0.3 % para ser admitido.

#### **4.5.2.2 Análisis granulométrico por tamizado de vidrio molido**

Para el ensayo de análisis granulométrico de vidrio molido, primeramente, se inició con el reciclado de las botellas de vidrio en el vertedero de Quitasol. Las botellas de vidrio se tuvieron que moler inicialmente para disminuir el tamaño, luego se procedió a clasificarlos en diferentes tamaños como agregado fino con la ayuda de los tamices bajo la norma NTP 400.012.

### **Equipos:**

- Estufa: Capaz de conservar una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanzas: Con una sensibilidad entre 0.01 gramos y 0.001 gramos.
- Guantes: Para protección de vidrio molido.

**Materiales:**

- Tamices: Los Tamices son de en un orden de 3/8 pulgadas, N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Bandeja: Adecuado para que no se derrame la muestra.

**Procedimiento:**

- La muestra se seca en un recipiente por medio de una cocina a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, evitando la pérdida de la partícula.
- Colocar los tamices en orden decreciente por tamaños de abertura.
- Agregamos la muestra de vidrio molido en la parte superior de la columna de tamices con mucho cuidado sin hacer caer parte de la muestra fuera del tamiz.
- Efectuamos el tamizado de forma manual por un periodo de tiempo.
- Se determina el peso en una balanza de las muestras retenidos en cada tamiz.
- Se verifica la contrastación de peso inicial y final, que no debe diferir mayor al 0.3 % para ser admitido.

**4.5.2.3 Peso unitario y vacío de los agregados fino y grueso**

Determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de agregado fino y grueso bajo la norma NTP 400.017 y ASTM C-29, en un recipiente cilíndrico de metal con las dimensiones de precisión en los interiores y de volumen definido.

**Equipo**

- Recipiente: Cilíndrico, metálico con volumen definido.
- Balanzas: Con una sensibilidad de 0.1 %

**Materiales**

- Varilla: Compactadora de acero, cilíndrica de 16 mm (5/8 pulgadas) de diámetro con una longitud de 60 cm (24 pulgadas) uno de los extremos debe ser semiesférico de 8 mm de radio (5 /16 pulgadas).

- Pala de mano: Para llenado del material al recipiente.

### **Procedimiento**

#### **1) Peso unitario suelto**

- Se pesa el recipiente vacío.
- Se rellena el contenedor de medida con una pala de mano, que se descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2 pulgadas) hasta que rebose el recipiente.
- Desechar el agregado excedente con una escuadra metálica.
- Determinamos el peso del contenedor de medida, más el contenido de la muestra en una balanza.

#### **2) Peso unitario varillado o compactado**

- Se pesa el recipiente de medida vacío.
- Se apisona la primera capa evitando que la varilla golpee el fondo del recipiente.
- Cada capa se apisona con la varilla con 25 golpes, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.
- Nuevamente llenamos las 2/3 partes del recipiente con la muestra y apisonamos la capa con 25 golpes con la varilla.
- Otra vez llenamos las 3/3 partes el recipiente hasta que rebose el recipiente y volvemos a apisonar dándole otros 25 golpes con la varilla.
- Al final enrasamos la superficie con la varilla, usándola como regla en forma horizontal desechando el exceso de la muestra.
- Determinamos el peso del recipiente más el contenido de la muestra mediante una balanza.

#### **4.5.2.4 Peso específico y capacidad de absorción del agregado**

Este ensayo se desarrolla según la norma NTP 400.022 para agregado fino y la norma NTP 400.021 para agregado grueso.

## Equipo

- Balanza analítica, Con capacidad mínima de 1000 g.
- Horno: Con capacidad de conservar una temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C.
- Recipientes: Soporte una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

## Materiales

- Vaso precipitado de 1000 cm<sup>3</sup> de volumen (para el agregado grueso).
- Picnómetro de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad (para el agregado fino).
- Molde cónico, metálico.
- Varilla para compactado, metálica, recta, en uno de sus extremos con una superficie semicircular.

## Procedimiento

- La muestra se sumerge completamente sobre el agua durante las 24 horas.

### 1) Procedimiento para el agregado fino

- Calculamos el peso del picnómetro vacío y el peso del picnómetro mas el agua al nivel de la marca donde indica el volumen de 500 ml.
- Pasado las 24 horas se realiza a decantar cuidadosamente el agua, para así extenderlo en la bandeja.
- Procedemos a desecar la superficie de las partículas, en el cual utilizamos el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Para ver si el agregado está en condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su parte inferior una cantidad de muestra en tres capas, en la primera capa echamos la muestra y apisonamos con la varilla dándole 10 golpes, en la segunda capa echamos la muestra y volvemos a apisonar con la varilla para apisonado dándole 10 golpes y finalmente echamos hasta que rebalse

del molde cónico y apisonamos 5 golpes con la varilla para apisonado, sumando en total 25 golpes.

- A continuación, se levantó el cono verticalmente con cuidado, la superficie de las partículas aún contiene humedad, el cono del agregado mantendrá su forma original, continuamos el proceso de secado superficialmente, hasta que las superficies de las partículas estén superficialmente secas, y se comprobó cuando se ha percibido el primer desmoronamiento superficial. Que indica que se ha obtenido el estado de superficie seca.
- Inmediatamente, se introducen en el picnómetro que contiene un poco de agua previamente tarado, 500 gramos del agregado fino de superficie seca; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, luego se enrasa con el agua al nivel de 500 ml.
- Procedemos a sacar el peso del picnómetro, el peso del agua más el peso de la muestra de agregado fino.
- Después se saca el agregado fino del picnómetro y lo desecamos en la cocina hasta que pierda totalmente la humedad, lo dejamos enfriar y finalmente determinamos su peso seco.

## 2) Procedimiento para el agregado grueso

- Calcular el peso de la probeta y el peso de la probeta más el agua, al ras de la marca donde indica el volumen de 1000 ml.
- Después del periodo de inversión se decanta cuidadosamente el agua, para luego extenderla sobre una franela.
- Proseguimos desecar la superficie de las partículas, con la franela hasta encontrar la superficie seca saturada.
- Se pone de inmediato la muestra saturada con superficie seca y se obtiene su peso de agua. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado, sacudiendo el recipiente mientras se sumerge, se halla peso de la probeta más el agua y la muestra.

- Se saca el agregado grueso de la probeta y lo secamos en la cocina hasta que este seco y dejamos enfriar y finalmente pesamos en la balanza.

#### **4.5.2.5 Porcentaje de humedad del agregado**

Según la norma NTP 339.185 es el método de ensayo normalizado para contenido de humedad del agregado por secado.

##### **Equipo**

- Balanzas: Debe ser aproximación de 0,1 g y con una sensibilidad a 0,1 %.
- Horno: Capaz de conservar una temperatura constante hasta  $110 \pm 5$  °C.
- Recipiente para la muestra.

##### **Procedimiento**

- Determinar el peso de la muestra húmeda inicial del agregado fino y grueso con la proximidad de 0.1 %.
- Tomar el dato del recipiente y poner su identificación.
- Colocar la muestra más la cazuela de recipiente al horno durante un periodo de 24 horas con una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Retirar la muestra del horno y esperar lo suficientemente hasta que la temperatura esta constante.
- Determinar el peso de la muestra seca.

### 4.5.3 Diseño de mezcla

#### 4.5.3.1 Diseño de mezcla con método ACI 211

Con los resultados de los ensayos de laboratorio procedemos realizar el diseño de mezcla de concreto en base al método ACI 211. Este método es muy usual y simple para poder elaborar el diseño de mezcla, usamos las tablas de resultados de los ensayos como también las tablas estandarizadas bajo las normas. El método nos ayuda a optimizar los materiales y llegar a una resistencia de compresión óptimo, nuestro diseño de concreto esta para una resistencia a la compresión de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con proporciones de vidrio molidos como reemplazo relativo y absoluto de agregado fino de 10 % de vidrio , 20 % de vidrio, 30 % de vidrio y 100 % de vidrio molido como también el diseño con 10 % de vidrio , 20 % de vidrio, 30 % de vidrio, 100 % de vidrio molido y 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente en ese orden y el diseño de una muestra de patrón una resistencia a la compresión de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo al método de comité ACI 211 el diseño de mezcla debe seguir los siguientes procedimientos.

#### Procedimiento 1

- Elección de acuerdo a los diseños la resistencia a la compresión teórica ( $f'_c$ ) y resistencia a la compresión promedio de diseño ( $f'_{cr}$ ) de acuerdo de la tabla 8 se calcula.

**Tabla 8 — Resistencia a la compresión de concreto promedio**

$F'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$F'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
menos de 210	$F'_c + 70$
210 a 350	$F'_c + 84$
sobre 350	$F'_c + 98$

Extraído: Reglamentos Nacional de Edificaciones, Norma E 060

**Procedimiento 2:** Selección de tamaño máximo nominal (TMN) de agregado.

- De acuerdo con la granulometría del agregado grueso del ensayo se toma el tamaño máximo nominal del agregado.

**Procedimiento 3:** Contenido de aire

- Elección de contenido de aire según el tamaño máximo nominal de agregado grueso.

**Tabla 9 — Aire atrapado en función de TMN**

Tamaño Máximo Nominal TMN (Pulgadas)	Aire atrapado (%)
3/8	3
1/2	2.5
3/4	2
1	1.5
1 1/2	1
2	0.5
3	0.3
6	0.2

Extraído de la tabla comité de ACI 211

**Procedimiento 4:** Selección de asentamiento

- Cantidad de agua según el tamaño nominal del agregado grueso.

**Tabla 10 — Aproximación de agua para diferentes asentamientos**

Asentamiento (pulgadas)	Agua en litros/m <sup>3</sup> , para TMN agregado y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
2 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	.....
Concreto con aire incorporado								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
2 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	.....

Extraído de la tabla comité ACI 211

**Procedimiento 5:** Relación agua /cemento

- Se selecciona la relación agua cemento por la resistencia a la compresión, para una resistencia promedio.

**Tabla 11 — Relación de agua y cemento en función de la resistencia.**

F'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua - cemento	
	Concreto con aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.58
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	...
450	0.38	...

Extraído del reglamento nacional de edificaciones, norma E 060

**Procedimiento 6:** Determinación de cantidad de cemento

- Para calcular cantidad de cemento, se calcula en kilogramos por un metro cúbico de concreto, como se indica en la siguiente ecuación.

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{\text{Relacion agua - cemento}}$$

**Procedimiento 7:** Cálculo del agregado grueso

- Para determinar el contenido de agregado grueso usamos la siguiente tabla, para el cual se ingresa con el módulo de fineza del agregado fino y un TMN de 3/4“.

**Tabla 12 — Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto**

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8''	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2''	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4''	0.66	0.64	0.62	0.60
1''	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2''	0.75	0.73	0.71	0.69
2''	0.78	0.76	0.74	0.72
3''	0.82	0.80	0.78	0.76
6''	0.87	0.85	0.83	0.81

Extraído de la tabla ACI 211

#### **Procedimiento 8:** Cálculo de agregado fino

- El cálculo de agregado fino se desarrolla de la siguiente ecuación

$$1 \text{ m}^3 - (V_{\text{ag}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{cemento}}) \text{ m}^3 = V_{\text{af}} \text{ (m}^3\text{)}$$

$V_{\text{ag}}$  = volumen de agregado grueso

$V_{\text{agua}}$  = volumen de agua

$V_{\text{aire}}$  = volumen de aire

$V_{\text{cemento}}$  = volumen de cemento

$V_{\text{af}}$  = volumen de agregado de fino

#### **Procedimiento 9:** Corrección por humedad del agregado

- La cantidad de agua en las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto debe ser corregida de acuerdo a la absorción del agregado y esto va a depender de acuerdo a la humedad natural del agregado.

$$WM = WD - G * (AG - HG) - F * (AF - HF)$$

Donde:

$AF$ : % de absorción del agregado fino.

$AG$ : % de absorción natural del agregado grueso.

$F$ : cantidad de agregado fino requerido para la mezcla por unidad de volumen (kg).

$G$ : cantidad de agregado grueso requerido para la mezcla por

unidad de volumen (kg).

$HF$ : % de humedad natural del agregado fino.

$HG$ : % de humedad natural del agregado grueso.

$WD$ : cantidad de agua estimada para un asentamiento dado (kg).

$W_M$ : cantidad de agua requerida para la mezcla por unidad de volumen (kg).

#### **4.5.3.2 Diseño de mezcla del concreto fosforescente.**

El diseño de mezcla del concreto fosforescente toma el diseño de las proporciones del concreto incorporado con vidrio molido de soda cal como agregado fino en los porcentajes de 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido, elaborado en base al método ACI 211 sin modificar la dosificación.

Las proporciones de aplicación del pigmento fosforescente en un concreto incorporado con vidrio de soda cal reciclado, solo pretende ser una aproximación en la dosificación para que produzca un concreto de determinadas características como es la luminiscencia óptima.

Las modificaciones finales de las proporciones del pigmento fosforescente óptimo en cuanto a la luminiscencia y resistencia a la compresión se realizarán en mezclas de prueba en las que, experimentalmente, se obtengan las cantidades finales del concreto en las condiciones impuestas.

##### **4.5.3.2.1 Concentraciones de pigmento fotoluminiscente**

Para el empleo de las proporciones del pigmento fosforescente a utilizar en la investigación, se ha establecido como punto de partida pequeñas cantidades de pigmento fosforescente y se seguirá aumentando a partir de 30 g, 60 g, 90 g y 120 g.

### **Modo de empleo**

Se adiciona en la dosis recomendada a la mezcla seca de cemento, agregado fino, agregado grueso y vidrio molido (antes de incorporar el agua).

#### **4.5.4 Elaboración de muestra**

Las probetas se realizó de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP 339.183) de 4 pulgadas x 8 pulgadas, donde se realizaron los diseños con porcentajes de vidrio molido de 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio reciclado finalmente molido como remplazo relativo y absoluto de agregado fino como también el diseño de 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido con 30 g, 60 g, 90 g, y 120 g de pigmento fosforescente en ese orden y el diseño de muestra de patrón, lo cual cada muestra se conservó sumergido en el agua hasta el día de los ensayos de la resistencia a la compresión.

#### **4.5.5 Ensayo de muestra**

El ensayo a la resistencia de compresión de las muestras cilíndricas de concreto se realizó a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, el procedimiento se realizó de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP 339.033) y ASTM C-31.

#### **4.5.6 Ensayo de luminiscencia**

El ensayo de luminiscencia de concreto fosforescentes consiste en determinar cambios en el brillo de luminiscencia en las probetas cilíndricas en función del tiempo. Para lo cual se cargará las muestras con diferentes proporciones de pigmento fosforescente en tiempos iguales.

## 4.6 Técnicas e instrumentos

### 4.6.1 Técnicas.

La técnica que se utilizó en este proyecto de investigación fue la observación directa, se empleó este procedimiento para la recolección de datos.

### 4.6.2 Instrumentos

El instrumento que se ha empleado en la presente investigación fueron las guías de observación en base a formatos establecidas, las cuales nos admitirán el registro de los resultados de cada ensayo y posterior evaluación de las muestras.

#### 4.6.2.1 Validez y confiabilidad

Para conseguir la información más confiable con estándares de calidad y con el fin de obtener los objetivos de esta investigación, se empleó las normas como se muestra en la siguiente Tabla.

**Tabla 13 — Resumen de normas aplicadas a la presente investigación**

<b>Guías de observación</b>	<b>Norma</b>
Análisis granulométrico	NTP 400.012, MTC E 204
Contenido de humedad	NTP 339.185, MTC E 215
Peso unitario	NTP 400.017, MTC E 203
Gravedad específica y absorción	NTP 400.022, MTC E 206

Extraído: (Norma técnicas peruanas) y elaboración interna

## 4.7 Análisis estadístico

### 4.7.1 Estadística

En este proyecto de investigación se usó la estadística para la representación, evaluación e interpretación de la data, originados a base de una investigación; con el objetivo de que una vez culminado todo el procedimiento se pueda concretar los resultados precisos y apreciaciones futuras (HERNÁNDEZ y MENDOZA,2018).

#### 4.7.1.1 Media

Es el valor que se obtiene al dividir la adición de un conjunto de valores de una muestra dividido entre todos los valores de numero de observaciones sobre las muestras consideradas (SALAZAR y CASTILLO, 2018).

##### Ecuación la media muestral

$$\bar{x} = \frac{X1 + X2 + X3 + X4 + \dots + XN}{N}$$

Donde:

N = Tamaño de muestra

$\bar{x}$ = Media

#### 4.7.1.2 Varianza

Es una medida de dispersión que describe la variabilidad de un conjunto de muestras en base a su media, matemáticamente se define como la media aritmética de las desviaciones cuadráticas en función a la media aritmética general (SALAZAR y CASTILLO, 2018).

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media

n = Tamaño de la muestra

$s^2$  = Varianza muestral

#### 4.7.1.3 Desviación estándar

La desviación estándar mide la dispersión de una distribución de datos de las muestras en base a su media, En general determina la proporción del valor promedio de las dispersiones de los elementos con respecto a la media aritmética (SALAZAR y CASTILLO, 2018).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$\bar{x}$  = Media

S = Desviación estándar muestral

n-1 = Grado de libertad

#### 4.7.1.4 Grados de libertad

Los grados de libertad son el número de observaciones o en general indican cuantos casos fueron usados para determinar un valor estadístico en particular. Los grados de libertad están dados por el número de datos menos por el número de parámetros estimados, esto con el fin de compensar e igualar un resultado el cual se ha conocido previamente (HERNÁNDEZ y MENDOZA,2018).

Los grados de libertad se determinan con la siguiente formula matematico, en donde el valor de  $n$ ,  $n1$  y  $n2$  son el tamaño de grupo de muestras que se comparan.

- $gl = n - 1$ , grados de libertad para una muestra
- $gl = (n1 + n2)$ , grados de libertad para dos muestras independientes

#### 4.7.1.5 Análisis de varianza de un factor

Es un análisis estadístico para contrastar la diferencia significativa de tres o más muestras poblacionales en cuanto a sus medias y varianzas. Las hipótesis de la investigación plantean que los grupos varían significativamente y la hipótesis nula plantea que los grupos no varían significativamente (HERNÁNDEZ y MENDOZA,2018).

### 4.7.1.6 Prueba de t student

Es una prueba que se fundamenta en una distribución poblacional o muestral de variación de medias, que se basa en los grados de libertad, los cuales están en función de la cantidad de las formas que puedan variar libremente, lo que refleja que valor tenemos que esperar de t student (HERNÁNDEZ y MENDOZA,2018).

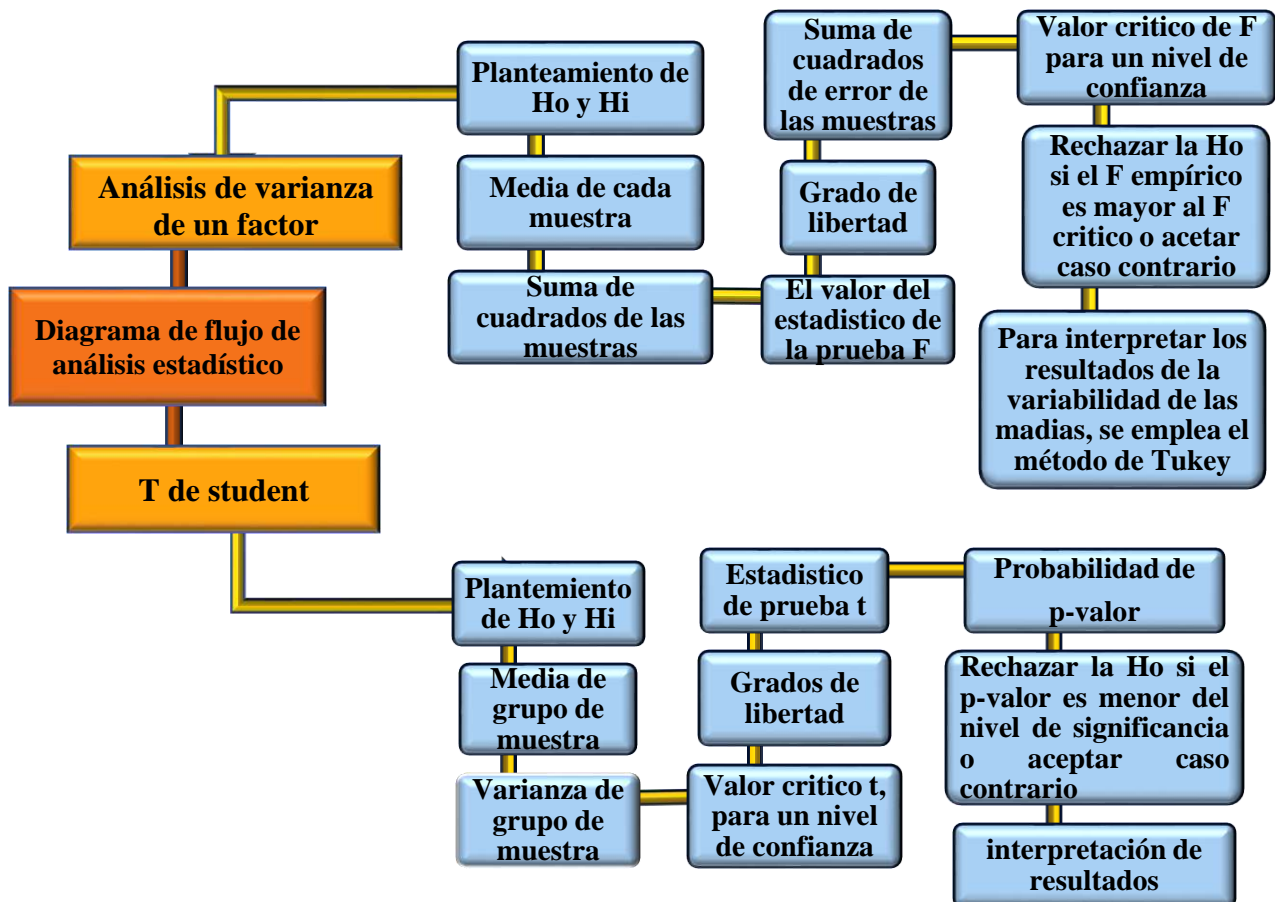


Figura 7 — Diagrama de flujo secuencial de análisis estadístico

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto

##### 5.1.1.1 Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incorporado con pigmento fosforescente y vidrio molido

Tabla 14 — Resultados de resistencia a la compresión del concreto incorporado con pigmento fosforescente y vidrio molido

DISEÑO DE CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON VIDRIO MOLIDO (VM) Y PIGMENTO FOSFORESCENTE (PF)											
N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		Edad	Diámetro (cm)		Área ( $\text{cm}^2$ )	Carga (kg)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )
			Moldeo	Rotura		Días	d1				
1	VMPF-1	10 % VM y 30 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.2	10.133	81.177	10772	132.698	133.702
2	VMPF-2		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.141	10.129	80.675	11420	141.556	
3	VMPF-3		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.143	10.161	80.946	10268	126.851	
4	VMPF-4	20 % VM y 60 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.161	10.181	81.249	10087	124.149	118.269
5	VMPF-5		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.17	10.188	81.377	9215	113.239	
6	VMPF-6		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.144	10.184	81.137	9527	117.419	
7	VMPF-7	30 % VM y 90 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.123	10.14	80.619	7818	96.975	98.937
8	VMPF-8		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.146	10.175	81.081	8308	102.465	
9	VMPF-9		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.22	10.182	81.729	7958	97.371	
10	VMPF-10	100 % VM y 120 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.101	10.831	86.03	5264	61.188	64.287
11	VMPF-11		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.132	10.191	81.097	5475	67.512	
12	VMPF-12		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.23	10.211	82.042	5264	64.163	

13	VMPF-1	10 % VM y 30 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.210	10.143	81.337	11078	136.199	155.806
14	VMPF-2		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.144	10.139	80.778	13537	167.582	
15	VMPF-3		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.148	10.164	81.009	13256	163.635	
16	VMPF-4	20 % VM y 60 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.170	10.185	81.353	9727	119.566	137.090
17	VMPF-5		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.181	10.198	81.545	12767	156.564	
18	VMPF-6		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.145	10.184	81.145	10966	135.141	
19	VMPF-7	30 % VM y 90 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.131	10.140	80.683	9974	123.620	118.914
20	VMPF-8		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.144	10.172	81.041	9981	123.159	
21	VMPF-9		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.211	10.183	81.665	8980	109.962	
22	VMPF-10	100 % VM y 120 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.110	10.830	86.096	6801	78.993	81.103
23	VMPF-11		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.121	10.190	81.001	6732	83.110	
24	VMPF-12		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.232	10.210	82.05	6663	81.207	
25	VMPF-1	10 % VM y 30 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.211	10.140	81.321	17481	214.964	211.305
26	VMPF-2		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.142	10.131	80.699	16993	210.574	
27	VMPF-3		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.140	10.168	80.977	16874	208.379	
28	VMPF-4	20 % VM y 60 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.174	10.175	81.305	14094	173.348	175.163
29	VMPF-5		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.181	10.193	81.505	14375	176.370	
30	VMPF-6		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.142	10.187	81.145	14263	175.772	
31	VMPF-7	30 % VM y 90 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.132	10.142	80.707	11731	145.354	150.681
32	VMPF-8		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.142	10.171	81.017	12183	150.375	
33	VMPF-9		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.211	10.186	81.689	12769	156.313	
34	VMPF-10	100 % VM y 120 g de PF	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.114	10.831	86.137	8071	93.699	91.167
35	VMPF-11		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.123	10.191	81.025	7432	91.724	
36	VMPF-12		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.239	10.212	82.122	7233	88.076	

### 5.1.1.2 Resultados de resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incorporado con vidrio molido

Tabla 15 — Resultados de resistencia a la compresión del concreto incorporado con diferentes porcentajes de vidrio molido

DISEÑO DE CONCRETO $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ INCORPORADO CON VIDRIO MOLIDO (VM)											
N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		Edad	Diámetro ( $\text{cm}^2$ )		Área ( $\text{cm}^2$ )	Carga (kg)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )
			Moldeo	Rotura		Días	d1				
1	VM-1	Concreto con 10 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.22	10.143	81.417	11970	147.021	148.266
2	VM-2		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.154	10.139	80.858	12690	156.942	
3	VM-3		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.149	10.164	81.017	11410	140.834	
4	VM-4	Concreto con 20 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.171	10.185	81.361	12610	154.989	147.669
5	VM-5		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.18	10.198	81.537	11520	141.286	
6	VM-6		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.148	10.184	81.169	11910	146.731	
7	VM-7	Concreto con 30 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.133	10.14	80.699	11170	138.416	141.371
8	VM-8		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.145	10.172	81.049	11870	146.454	
9	VM-9		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.21	10.183	81.657	11370	139.241	
10	VM-10	Concreto con 100 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.104	10.83	86.047	10530	122.375	128.594
11	VM-11		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.122	10.19	81.009	10950	135.170	
12	VM-12		21-Feb-23	28-Feb-23	7	10.24	10.21	82.114	10530	128.237	
13	VM-1	Concreto con 10 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.121	10.223	81.265	12310	151.480	173.017
14	VM-2		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.128	10.202	81.153	15040	185.329	
15	VM-3		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.058	10.231	80.826	14730	182.243	
16	VM-4	Concreto con 20 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.178	10.102	80.754	12160	150.580	172.939
17	VM-5		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.100	10.148	80.50	15960	198.262	
18	VM-6		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.105	10.163	80.659	13710	169.975	
19	VM-7	Concreto con 30 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.08	10.200	80.754	14250	176.461	171.009
20	VM-8		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.073	10.178	80.524	14260	177.091	
21	VM-9		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.088	10.154	80.452	12830	159.474	

22	VM-10	Concreto con 100 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.108	10.107	80.237	13600	169.497	168.569
23	VM-11		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.066	10.181	80.492	13460	167.222	
24	VM-12		21-Feb-23	28-Feb-23	14	10.036	10.000	78.823	13320	168.987	
25	VM-1	Concreto con 10 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.102	10.188	80.834	18800	232.575	240.185
26	VM-2		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.123	10.211	81.185	20800	256.205	
27	VM-3		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.112	10.186	80.898	18750	231.774	
28	VM-4	Concreto con 20 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.1	10.13	80.357	17620	219.273	220.911
29	VM-5		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.08	10.162	80.452	17970	223.363	
30	VM-6		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.106	10.206	81.009	17830	220.098	
31	VM-7	Concreto con 30 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.09	10.196	80.802	16760	207.420	217.154
32	VM-8		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.08	10.13	80.198	17400	216.964	
33	VM-9		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.094	10.132	80.325	18240	227.078	
34	VM-10	Concreto con 100 % de VM	21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.095	10.19	80.794	16140	199.767	189.387
35	VM-11		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.084	10.16	80.468	14860	184.670	
36	VM-12		21-Feb-23	28-Feb-23	28	10.01	10.011	78.705	14460	183.724	

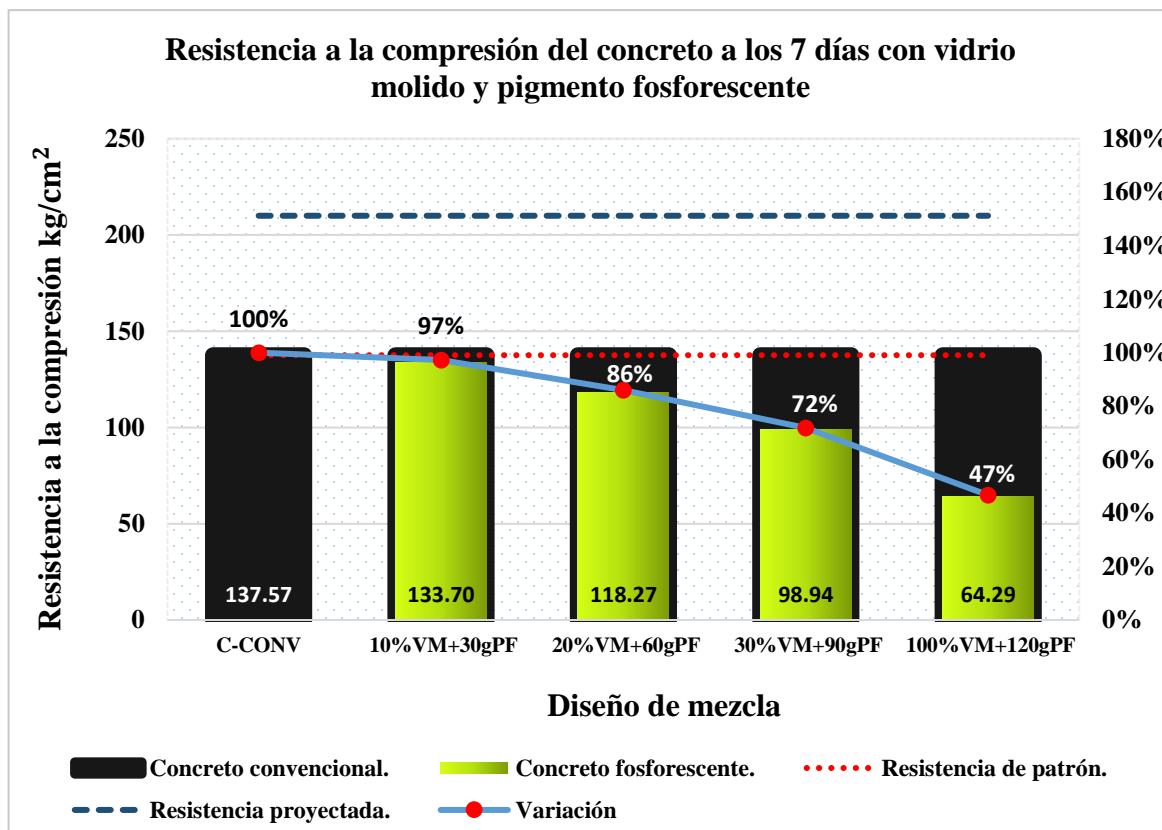
### 5.1.1.3 Resultados de resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 16 — Resultados de resistencia a la compresión del concreto convencional

DISEÑO DE CONCRETO $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$											
N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		Edad	Diámetro (cm)		Área	Carga	Resistencia	Resistencia promedio
			Moldeo	Rotura	Días	d1	d2	( $\text{cm}^2$ )	(kg)	( $\text{kg/cm}^2$ )	( $\text{kg/cm}^2$ )
1	P-1	Concreto convencional	20-Feb-23	27-Feb-23	7	10.19	10.06	80.516	10450	129.789	137.568
2	P-2		21-Feb-23	27-Feb-23	7	10.03	10.30	81.153	12340	152.058	
3	P-3		22-Feb-23	27-Feb-23	7	10.18	10.16	81.233	10630	130.858	
4	P-4	Concreto convencional	20-Feb-23	06-Mar-23	14	10.011	10.231	80.452	14890	185.079	178.873
5	P-5		20-Feb-23	06-Mar-23	14	10.002	10.010	78.634	13210	167.993	
6	P-6		20-Feb-23	06-Mar-23	14	10.086	10.000	79.217	14540	183.547	
7	P-7	Concreto convencional	20-Feb-23	20-Mar-23	28	10.08	10.051	79.572	17120	215.151	216.081
8	P-8		20-Feb-23	20-Mar-23	28	10.166	10.104	80.675	17690	219.276	
9	P-9		20-Feb-23	20-Mar-23	28	10.01	10.012	78.713	16830	213.816	

### 5.1.2 Análisis comparativo del resultado de objetivo general

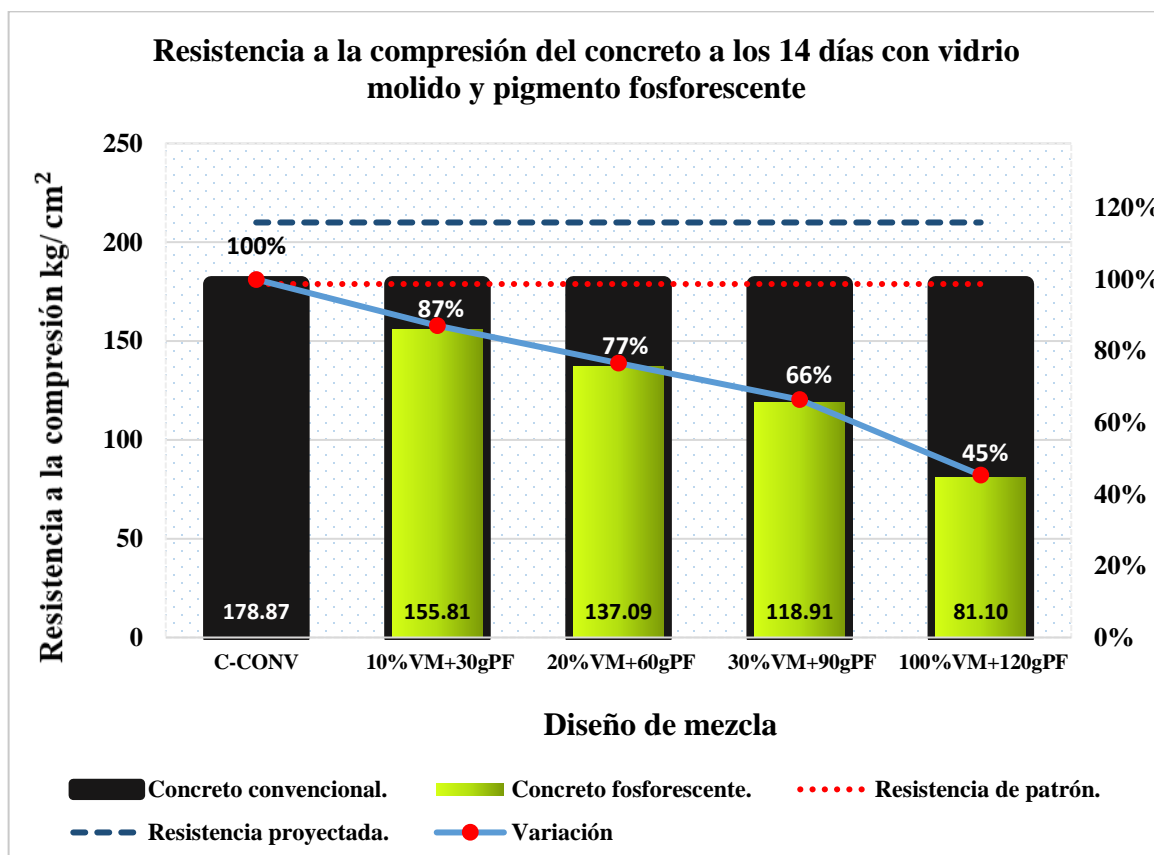
#### 5.1.2.1 Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto, con pigmento fosforescente y vidrio molido a diferentes edades



**Figura 8 — Resistencia a la compresión de concreto con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente a los 7 días**

En la figura 8 se describe los resultados promedios de resistencia a la compresión a la edad de 7 días con porcentajes de vidrio molido como reposición parcial de agregado fino y pigmento fosforescente en diferentes proporciones, por lo cual se llegó a los siguientes resultados, con el diseño de 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente se llegó a una resistencia de  $f'c = 133.70 \text{ kg/cm}^2$  con este se obtuvo la resistencia más óptimo de los demás diseños fosforescentes, diseño con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente se obtuvo un resultado de  $f'c = 118.27 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente se obtuvo un resultado de  $f'c = 98.94 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento se obtuvo un resultado de  $f'c = 64.29 \text{ kg/cm}^2$  y el resultado de concreto convencional fue de  $f'c = 137.57 \text{ kg/cm}^2$ .

Finalmente podemos afirmar que la resistencia a la compresión de concreto convencional a la edad de 7 días ha superado a la resistencia de compresión de los diseños con 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente, con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente, con 30% de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente y de 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente.

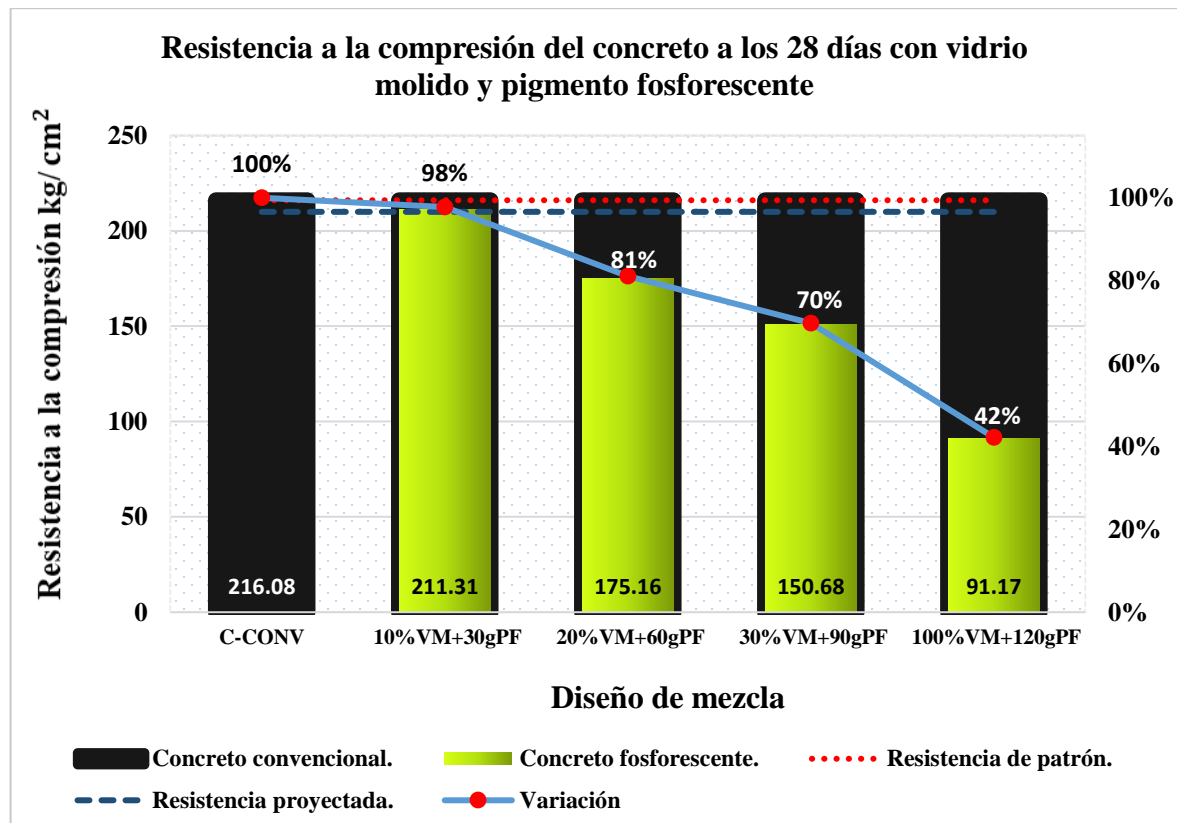


**Figura 9 — Resistencia a la compresión de concreto con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente a los 14 días**

En la figura 9 se aprecia los resultados promedios de resistencia a la compresión a la edad de 14 días con porcentajes de vidrio molido como reemplazo parcial de agregado fino y pigmento fosforescente en diferentes proporciones, obteniéndose los siguientes resultados, con el diseño de 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 155.81 \text{ kg/cm}^2$ , con lo cual se llegó a la resistencia más óptimo que los demás diseños fosforescentes, diseño con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente llagó a una resistencia a compresión de  $f'c = 137.09 \text{ kg/cm}^2$ , diseño con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente se obtuvo una resistencia a la compresión de  $f'c = 118.91 \text{ kg/cm}^2$ , diseño con 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente se

obtuvo una resistencia a la compresión de  $f'c = 81.10 \text{ kg/cm}^2$  y el concreto convencional llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 172.21 \text{ kg/cm}^2$ .

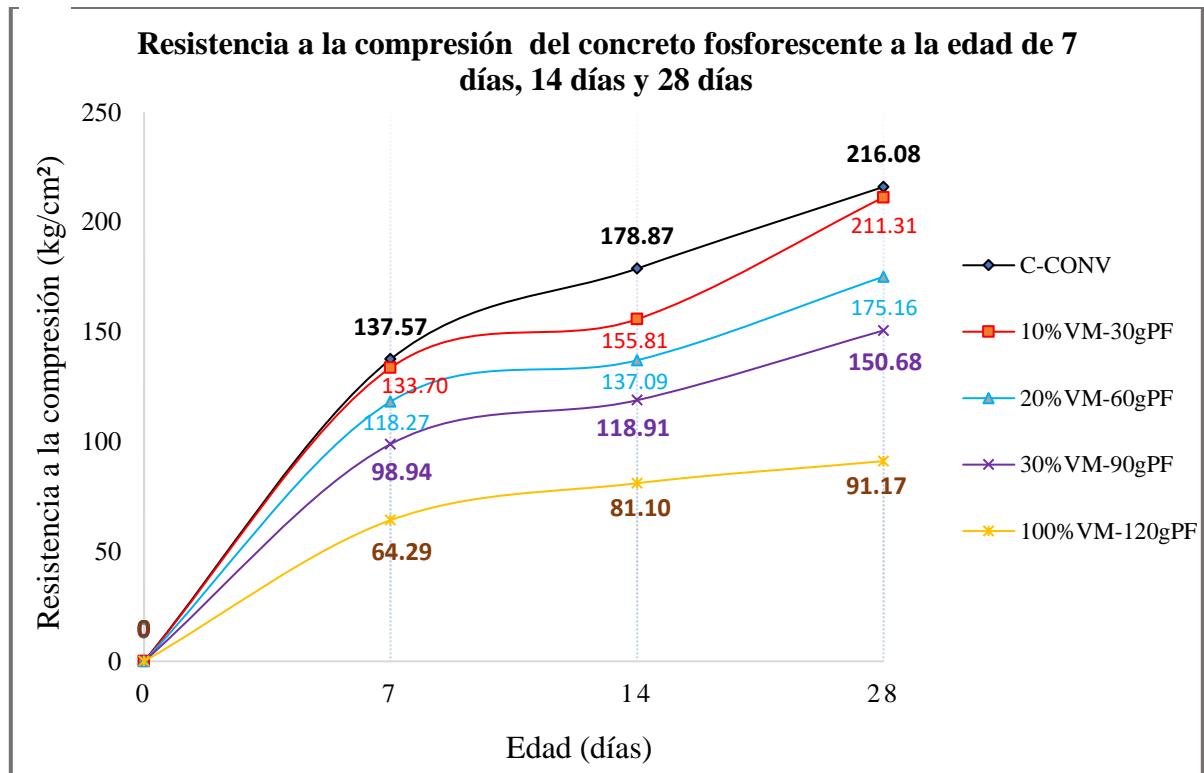
Finalmente podemos afirmar que la resistencia a la compresión de concreto convencional a la edad de 14 días ha superado a la resistencia de compresión de los diseños con vidrio molido y pigmento fosforescente.



**Figura 10 — Resistencia a la compresión de concreto con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente a los 28 días**

En la figura 10 se describen los resultados promedios de resistencia a la compresión a la edad de 28 días con porcentajes de vidrio molido como reemplazo parcial de agregado fino y pigmento fosforescente en diferentes proporciones, obteniéndose los siguientes resultados, con el diseño de 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente se llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 211.31 \text{ kg/cm}^2$ , con lo cual superó a la resistencia proyectada y a la resistencia a la compresión de los demás diseños fosforescentes, diseño con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente se obtuvo una resistencia a la compresión de  $f'c = 175.16 \text{ kg/cm}^2$ , diseño con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente se llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 150.68 \text{ kg/cm}^2$ , diseño con 100 % de vidrio molido

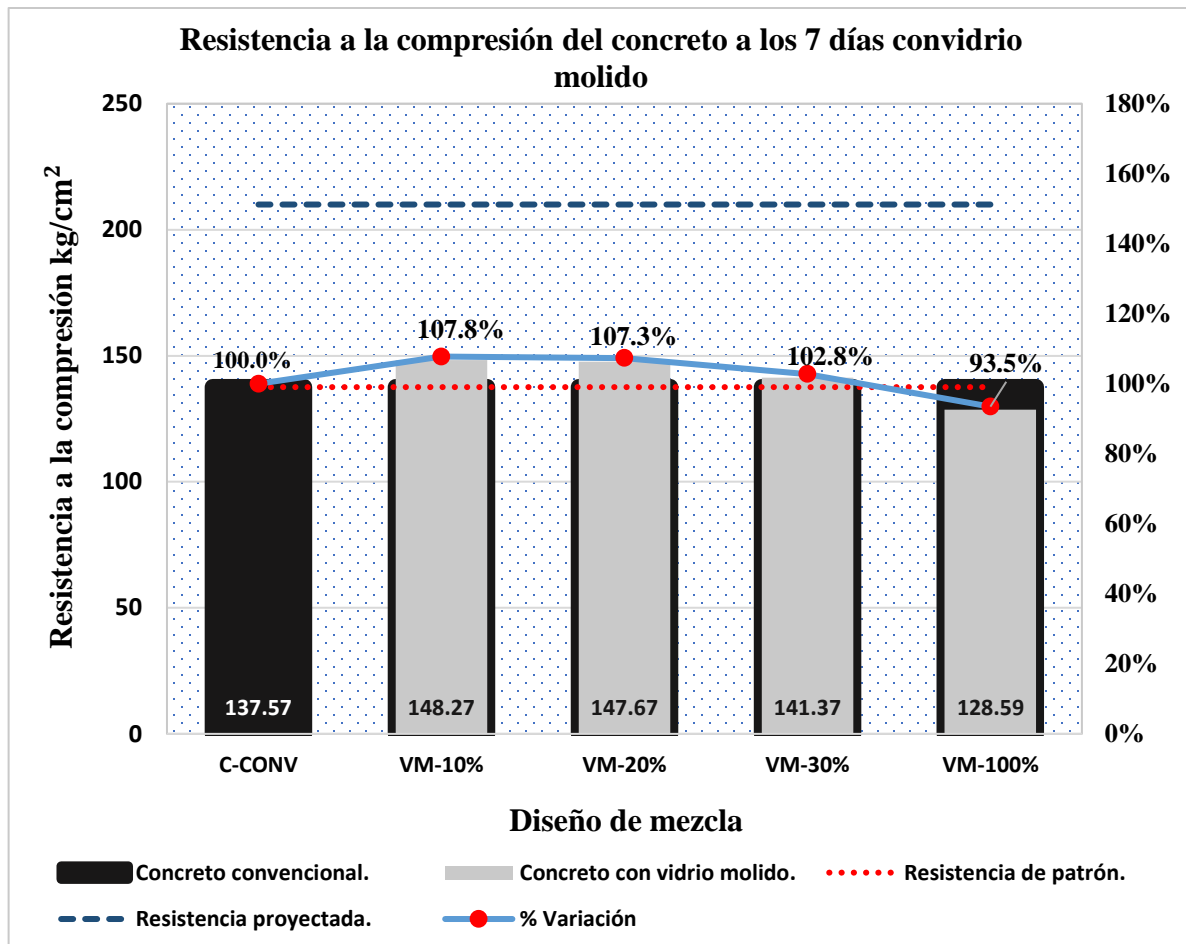
y 120 g de pigmento se llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 91.17 \text{ kg/cm}^2$  y el concreto convencional llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 216.08 \text{ kg/cm}^2$ . Finalmente podemos afirmar que la resistencia a la compresión de concreto convencional a la edad de 28 días, ha superado a la resistencia de compresión de los diseños con vidrio molido y pigmento fosforescente.



**Figura 11 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con diferentes proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente**

En la figura 11 se muestra la curva de resistencia a la compresión de las muestras a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, donde se observa que la curva de la resistencia a la compresión con el diseño de 10 % de vidrio molido como agregado fino y 30 g de pigmento fosforescente logró superar a los demás diseños de concreto fosforescente en las edades de 7 días, 14 días y 28 días, se deduce que a mayor concentración de pigmento fosforescente, disminuye la resistencia a la compresión, se observa también que la resistencia a la compresión con el diseño de 10 % de vidrio molido como agregado fino y 30 g de pigmento fosforescente, ha superado la resistencia proyectada a la edad de 28 días pero no superando la resistencia a la compresión de concreto convencional.

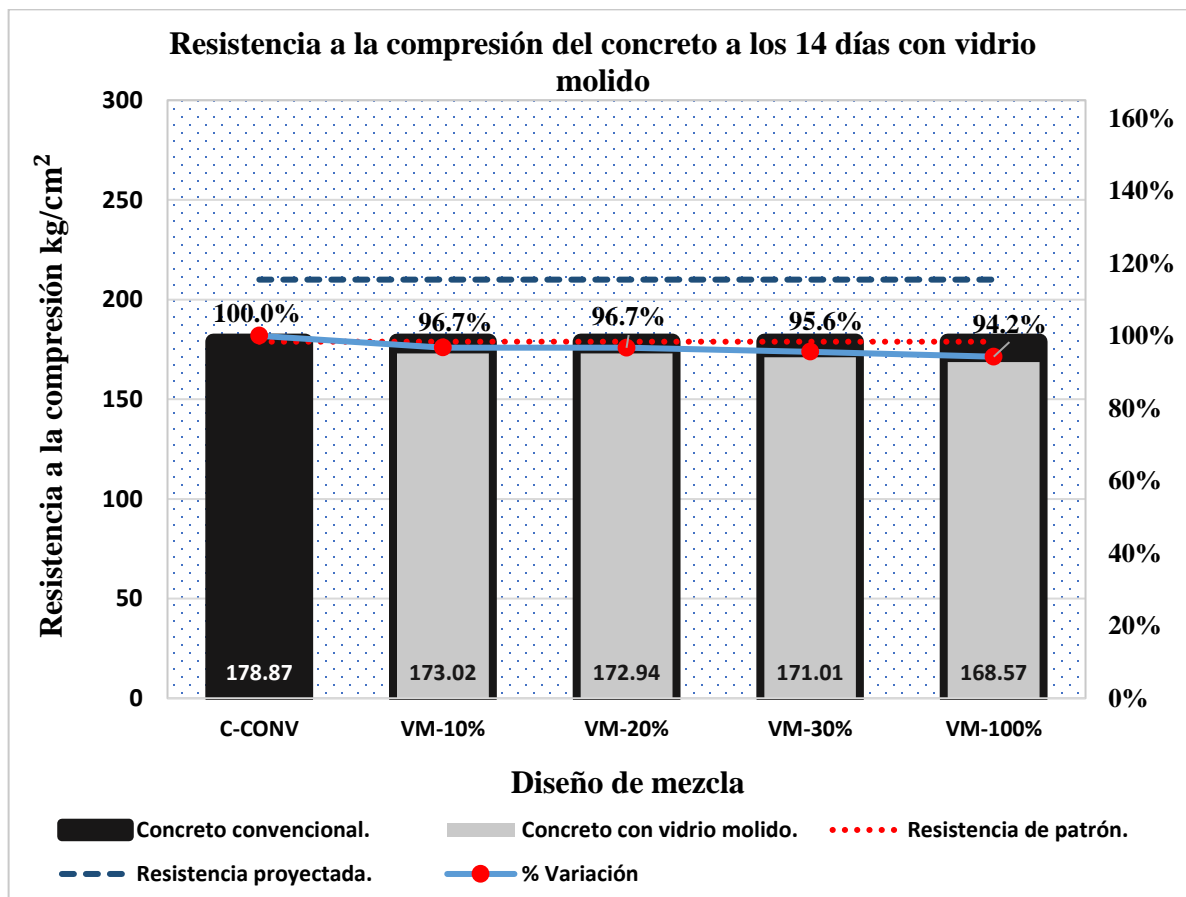
### 5.1.2.2 Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido a diferentes edades



**Figura 12 — Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto incorporados con vidrio molido a los 7 días**

En la figura 12 se muestra los resultados promedios de resistencia a la compresión a la edad de 7 días con porcentajes de vidrio molido como reemplazo parcial y total de agregado fino, en lo cual se llegó a los siguientes resultados, con el diseño de 10 % de vidrio molido se llegó a una resistencia a la compresión de  $f^c = 148.27 \text{ kg/cm}^2$ , superando la resistencia de los demás diseños, diseño con 20 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f^c = 147.67 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 30 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f^c = 141.37 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 100 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f^c = 128.59 \text{ kg/cm}^2$  y el concreto convencional llegó a una resistencia a la compresión de  $f^c = 137.57 \text{ kg/cm}^2$ .

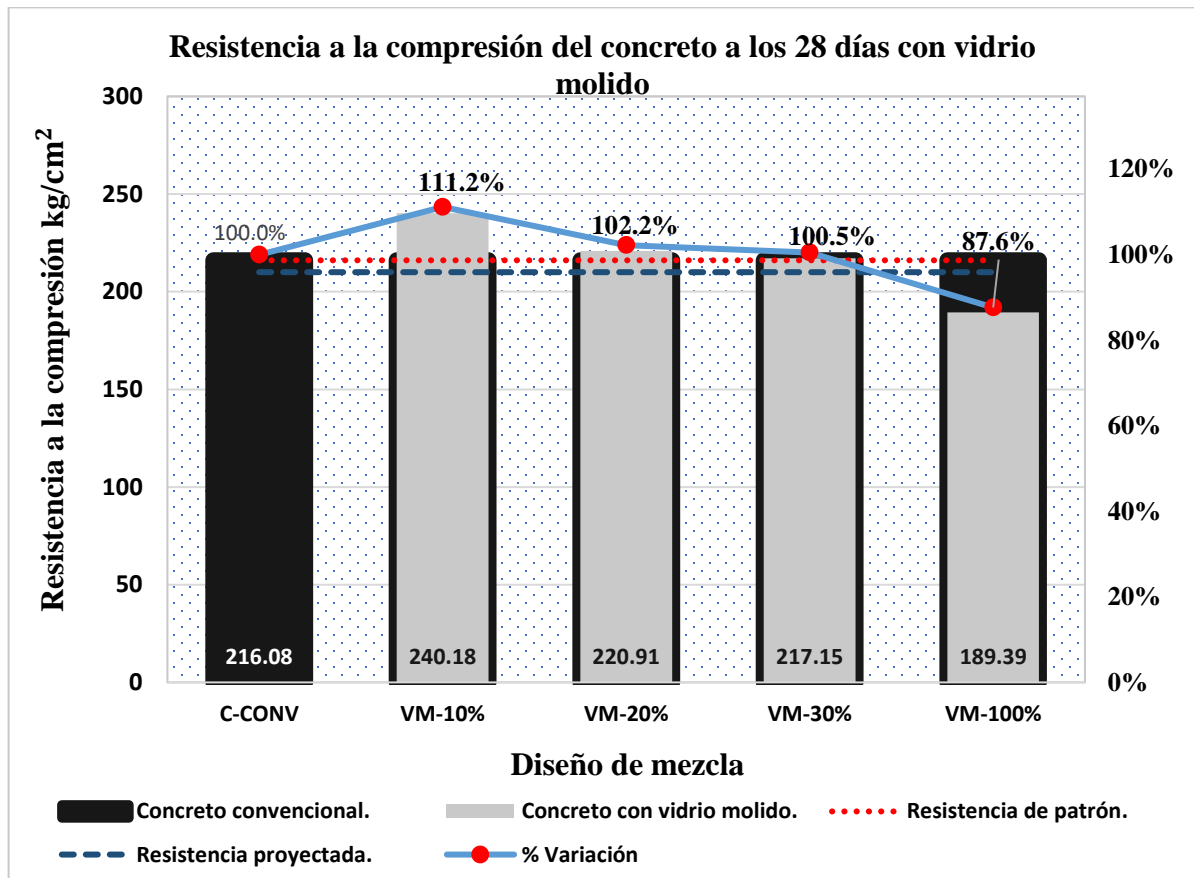
Finalmente podemos afirmar que la resistencia de compresión de concreto convencional a la edad de 7 días fue superado con la resistencia a la compresión de los diseños con 10 % de vidrio molido, 20 % de vidrio molido y 30 % de vidrio molido, superando solamente al diseño con 100 % de vidrio molido como agregado fino.



**Figura 13 — Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto incorporados con vidrio molido a los 14 días**

En la figura 13 se aprecian los resultados promedios de resistencia a la compresión a la edad de 14 días con porcentajes de vidrio molido como reemplazo parcial y total de agregado fino, por lo cual se llegó a los siguientes resultados, con el diseño de 10 % de vidrio molido se llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 173.02 \text{ kg/cm}^2$ , superando la resistencia de los demás diseños, diseño con 20 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 172.94 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 30 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 171.01 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 100 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 168.57 \text{ kg/cm}^2$  y el concreto convencional llegó a una resistencia a la compresión de  $f'_c = 178.87 \text{ kg/cm}^2$ .

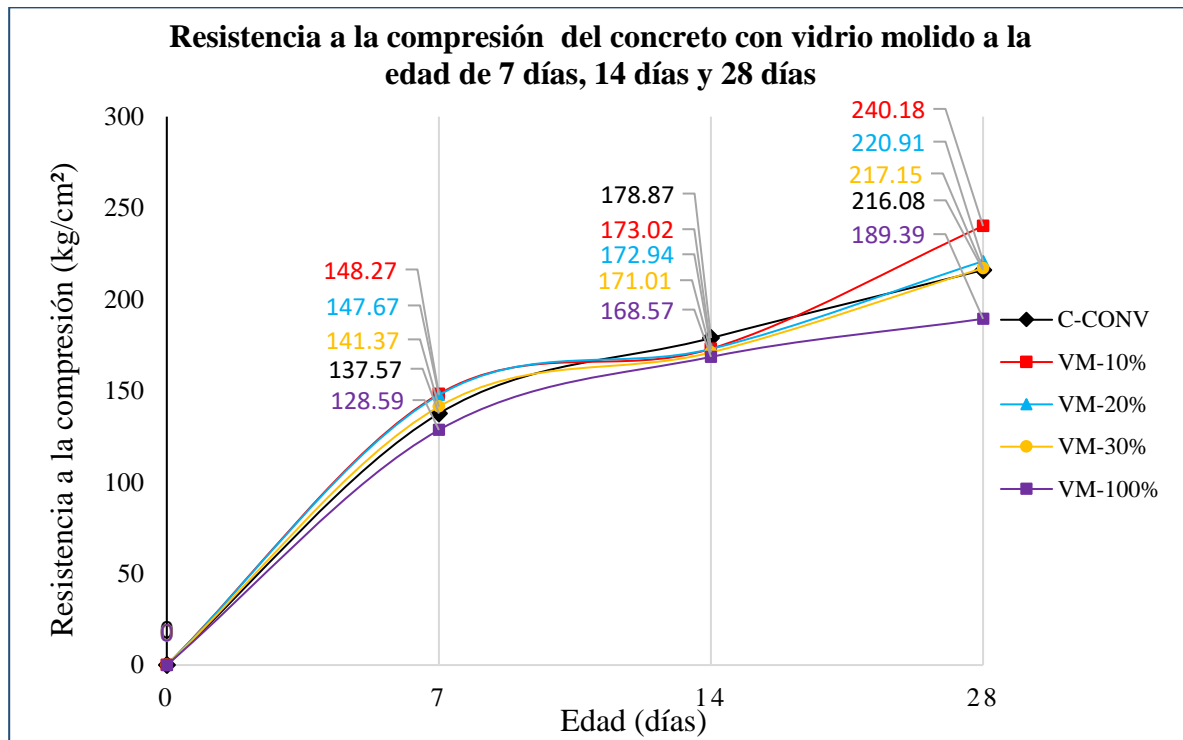
Finalmente podemos afirmar que la resistencia de compresión de concreto convencional a la edad de 14 días fue superado con la resistencia a la compresión por los diseños de 10 % de vidrio molido, 20 % de vidrio molido, superando solamente a los diseños con 30 % de vidrio molido y con 100 % de vidrio molido como agregado fino.



**Figura 14— Análisis comparativo de resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto incorporados con vidrio molido a los 28 días**

En la figura 14 se representan los resultados promedios de resistencia a la compresión a la edad de 28 días con porcentajes de vidrio molido como reemplazo parcial y total de agregado fino, por lo cual se llegó a los siguientes resultados, con el diseño de 10 % de vidrio molido se llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 240.19 \text{ kg/cm}^2$ , superando la resistencia proyectada y la resistencia de los demás diseños, diseño con 20 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 220.91 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 30 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 217.15 \text{ kg/cm}^2$ , diseño de con 100 % de vidrio molido llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 189.39 \text{ kg/cm}^2$  y el concreto convencional llegó a una resistencia a la compresión de  $f'c = 216.08 \text{ kg/cm}^2$

Finalmente podemos afirmar que la resistencia a la compresión de concreto convencional a la edad de 28 días fue superado con la resistencia a la compresión por los diseños de 10 % de vidrio molido, 20 % de vidrio molido y 30 % de vidrio molido superando solamente al diseño con 100 % de vidrio molido como agregado fino.



**Figura 15 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con diferentes proporciones de vidrio molido**

En la figura 15 se aprecia la curva de resistencia a la compresión de las muestras a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, donde se observa que la curva de la resistencia a la compresión con el diseño de 10 % de vidrio molido como agregado fino, logró superar a los demás diseños a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, se deduce que la resistencia máxima se da con un porcentaje de vidrio óptimo en el diseño de mezcla, se observa también que la resistencia a la compresión de los diseños con 10 %, 20 % y 30 % de vidrio molido como agregado fino superaron a la resistencia a la compresión proyectada como también a la resistencia del concreto convencional.

### 5.1.3 Análisis de resultado de resistencia a la compresión del objetivo específico 1, 2, 3 y 4

#### 5.1.3.1 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 5 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 17 — Resistencia a la compresión del experimento 5 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF7-1	30	10	132.70	133.70	7.40
VMPF7-2			141.56		
VMPF7-3			126.85		

Nota: El experimento 5 representa al diseño de mezcla con 30 g de pigmento fosforescente y 10 % de vidrio molido

En la tabla 17 se representan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 5, de donde se obtiene la media de 133.70 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 63.67 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 45.48 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 7.40 kg/cm<sup>2</sup>, lo que resulta que la dispersión de las muestras es mínima con referente a la media, entonces el resultado obtenido es permisible del experimento 5.

**Tabla 18 — Resistencia a la compresión del experimento 5 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF7-1	30	10	136.20	155.81	17.09
VMPF7-2			167.58		
VMPF7-3			163.64		

Nota: El experimento 5 corresponde al diseño de mezcla con 30 g de pigmento fosforescente y 10 % de vidrio molido

En la tabla 18 se perciben los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 5, obteniéndose resultado de una media de 155.81 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual corresponde el 74.19 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 52.99 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 17.09 kg/cm<sup>2</sup>,

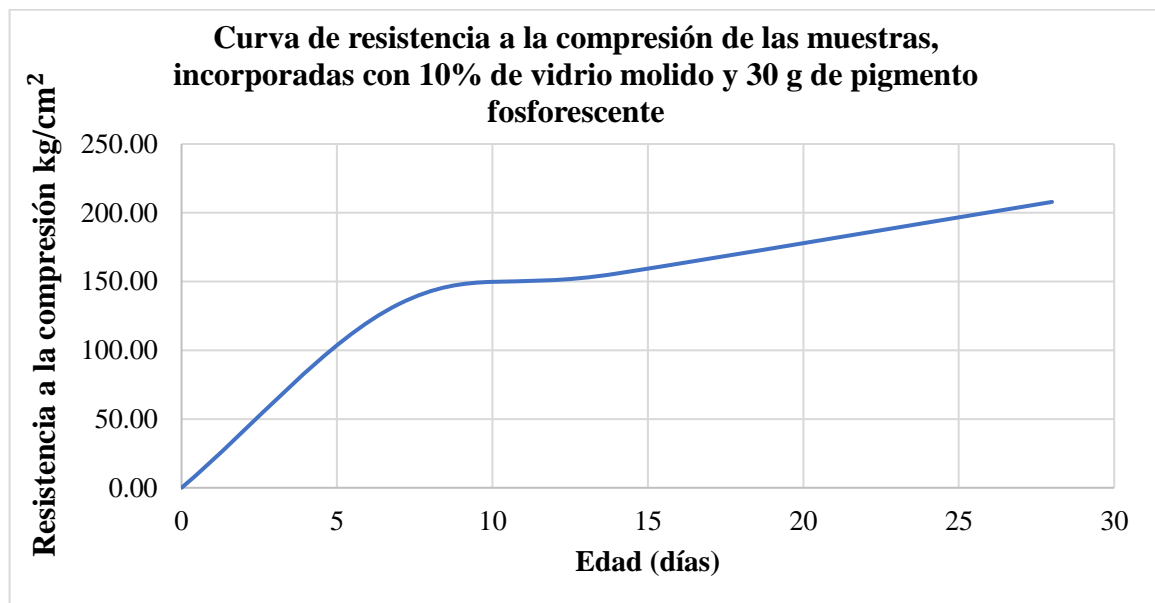
lo que indica que la dispersión de las muestras es permisible con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 5.

**Tabla 19 — Resistencia a la compresión del experimento 5 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF28-1	30	10	214.96	211.31	3.35
VMPF28-2			210.57		
VMPF28-3			208.38		

Nota: El experimento 5 representa al diseño de mezcla con 30 g de pigmento fosforescente y 10 % de vidrio molido

En la tabla 19 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 5, de donde se obtiene la media de 211.31 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual corresponde el 100.7 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 71.87 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 3.35 kg/cm<sup>2</sup>, lo que refleja que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 5.



**Figura 16 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente**

Tal y como se describe en la figura 16, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 10 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino y 30 g de pigmento fosforescente representa al experimento 5, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado más favorable para este trabajo que se obtuvo con el diseño de 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente fue de  $f'c = 211.31 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, y superando a la resistencia proyectada.

### 5.1.3.2 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 6 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 20 — Resistencia a la compresión del experimento 6 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Media ( $\text{kg/cm}^2$ )	Desviación estándar ( $\text{kg/cm}^2$ )
VMPF7-4	60	20	124.15	118.27	5.50
VMPF7-5			113.24		
VMPF7-6			117.42		

Nota: El experimento 6 representa al diseño de mezcla con 60 g de pigmento fosforescente y 20 % de vidrio molido

En la tabla 20 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 6, obteniéndose la media de  $118.27 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual corresponde el 56.32 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ) y 40.37 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $5.50 \text{ kg/cm}^2$ , lo que significa que la dispersión de las muestras es mínima referente a la media, por lo tanto, el resultado obtenido es aceptable del experimento 6.

**Tabla 21 — Resistencia a la compresión del experimento 6 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF14-4	60	20	119.57	137.09	18.57
VMPF14-5			156.56		
VMPF14-6			135.14		

Nota: El experimento 6 corresponde al diseño de mezcla con 60 g de pigmento fosforescente y 20 % de vidrio molido

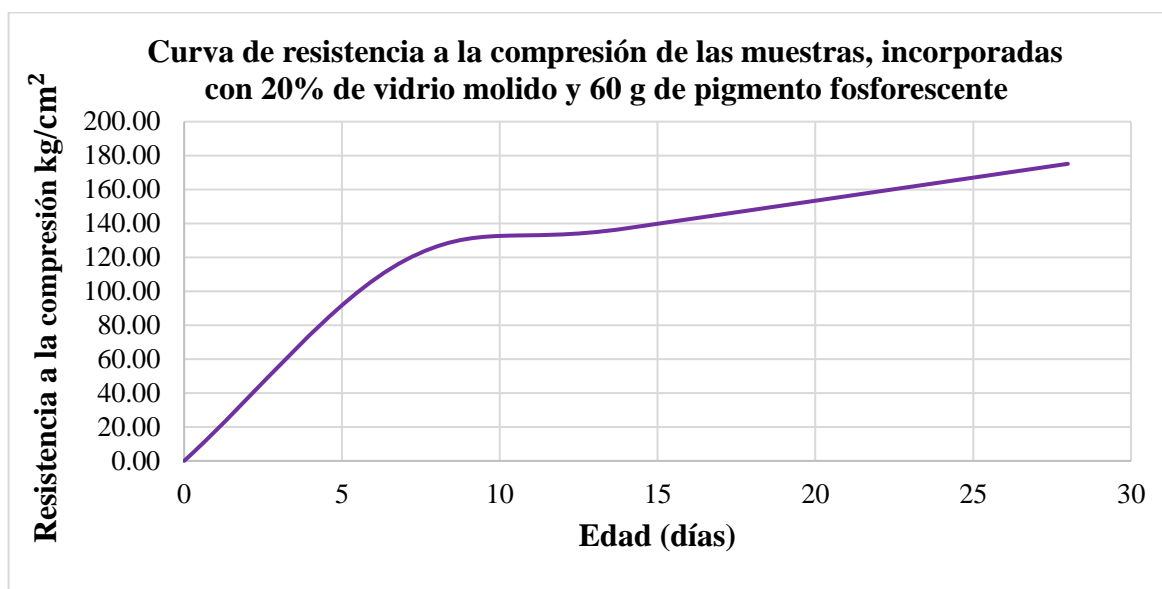
En la tabla 21 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 6, de donde se obtiene la media de 137.09 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 65.28 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 46.63 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 18.57 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que la dispersión de las muestras es permisible con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 6.

**Tabla 22 — Resistencia a la compresión del experimento 6 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF28-4	60	20	173.35	175.16	1.60
VMPF28-5			176.37		
VMPF28-6			175.77		

Nota: El experimento 6 representa al diseño de mezcla con 60 g de pigmento fosforescente y 20 % de vidrio molido

En la tabla 22 se detallan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 6, de donde resulta la media de 175.16 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual corresponde el 83.41 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 59.59 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 1.60 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 6.



**Figura 17 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente**

Tal y como se observa en la figura 17, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 20 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino y 60 g de pigmento fosforescente representa al experimento 6, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado más favorable para este trabajo de investigación que se obtuvo con el diseño de 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente es de  $f'c = 175.16 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, y no superando a la resistencia proyectada.

### 5.1.3.3 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 7 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 23 — Resistencia a la compresión del experimento 7 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF7-7	90	30	96.97	98.94	3.06
VMPF7-8			102.47		
VMPF7-9			97.37		

Nota: El experimento 7 representa al diseño de mezcla con 90 g de pigmento fosforescente y 30 % de vidrio molido

En la tabla 23 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 7, obteniéndose la media de 98.94 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 47.11 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 33.65 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 3.06 kg/cm<sup>2</sup>, lo que refleja que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 7.

**Tabla 24 — Resistencia a la compresión del experimento 7 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF14-7	90	30	119.57	137.09	7.76
VMPF14-8			156.56		
VMPF14-9			135.14		

Nota: El experimento 7 corresponde al diseño de mezcla con 90 g de pigmento fosforescente y 30 % de vidrio molido

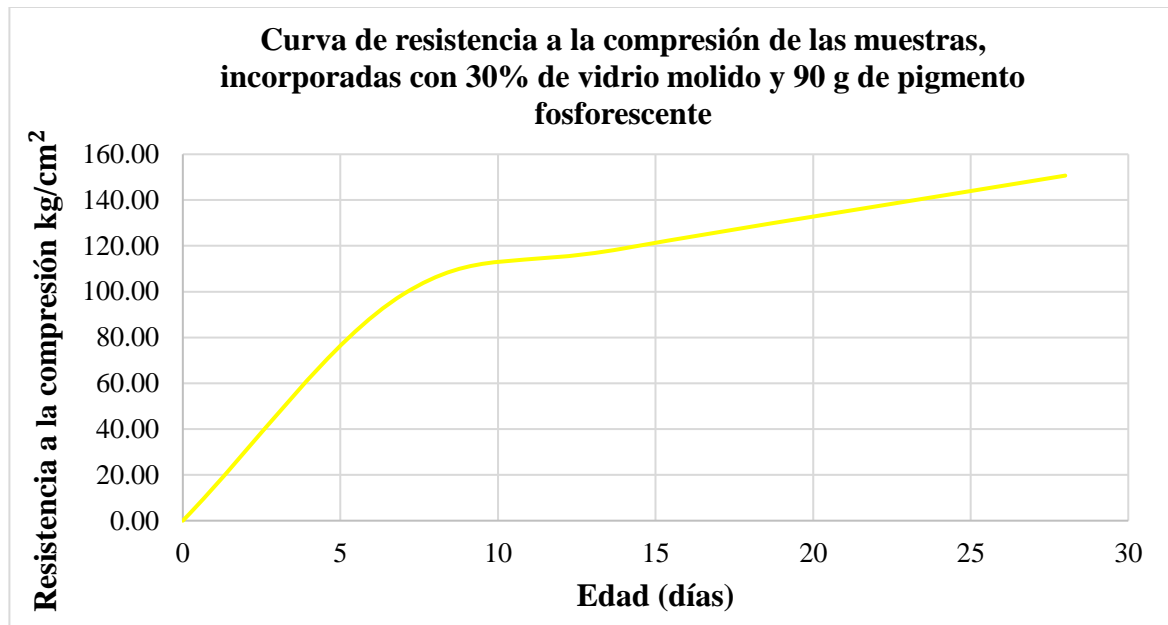
En la tabla 24 se perciben los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 7, de donde se obtiene la media de 137.09 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual corresponde el 65.28 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 33.65 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 7.76 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que la dispersión de las muestras es mínima referente a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 7.

**Tabla 25 — Resistencia a la compresión del experimento 7 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF28-7	90	30	145.35	150.68	5.49
VMPF28-8			150.38		
VMPF28-9			156.31		

Nota: El experimento 7 representa al diseño de mezcla con 90 g de pigmento fosforescente y 30 % de vidrio molido

En la tabla 25 se observa los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 7, obteniéndose la media de  $150.68 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual corresponde el 71.75 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 51.25 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $5.49 \text{ kg/cm}^2$ , lo que significa que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es permisible del experimento 7.



**Figura 18 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente**

Tal y como se percibe en la figura 18, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 30 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino y 90 g de pigmento fosforescente representa al experimento 7, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado más favorable para este trabajo que se obtuvo con el diseño de 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente fue de  $f'c = 150.68 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, y no superando a la resistencia proyectada.

### 5.1.3.4 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 8 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 26 — Resistencia a la compresión del experimento 8 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF7-10	120	100	61.19	64.29	3.16
VMPF7-11			67.51		
VMPF7-13			64.16		

Nota: El experimento 8 representa al diseño de mezcla con 120 g de pigmento fosforescente y 100 % de vidrio molido

En la tabla 26 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 8, de donde se obtiene la media de 64.29 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 30.61 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 21.87 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 3.16 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo tanto, el resultado obtenido es aceptable del experimento 8.

**Tabla 27 — Resistencia a la compresión del experimento 8 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF14-10	120	100	78.99	81.10	2.06
VMPF14-11			83.11		
VMPF14-12			81.21		

Nota: El experimento 8 corresponde al diseño de mezcla con 120 g de pigmento fosforescente y 100 % de vidrio molido

En la tabla 27 se detallan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 8, de donde se obtiene la media de 81.10 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 38.62 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 27.59 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 2.06 kg/cm<sup>2</sup>, lo que define que

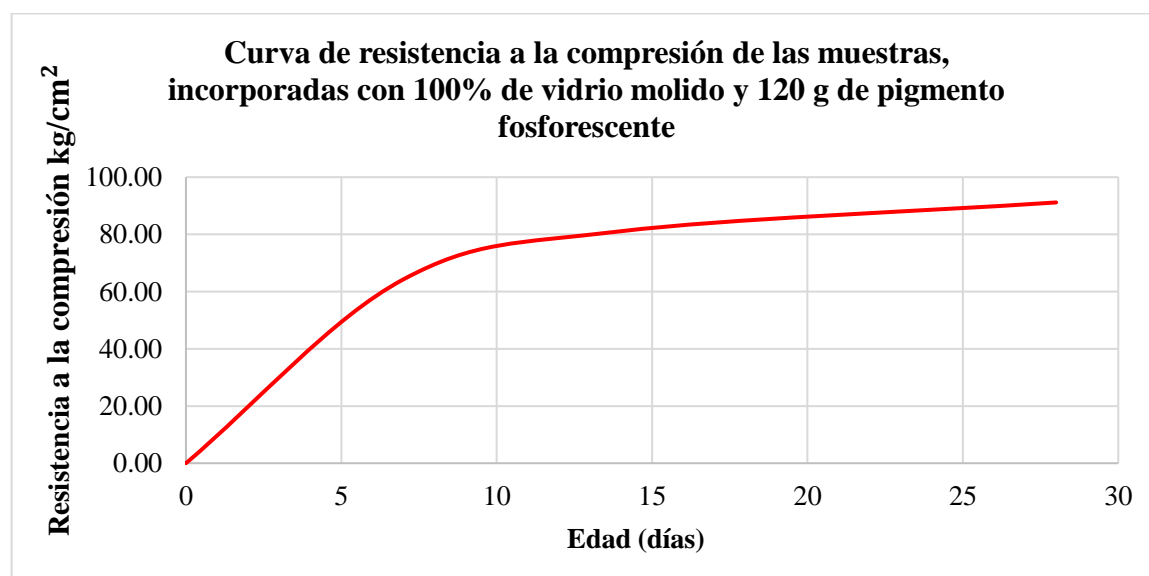
la dispersión de las muestras es mínima referente a la media, por consiguiente, el resultado obtenido es aceptable del experimento 8.

**Tabla 28 — Resistencia a la compresión del experimento 8 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Peso pigmento fosforescente (g)	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VMPF28-10	120	100	93.70	91.17	2.85
VMPF28-11			91.72		
VMPF28-12			88.08		

Nota: El experimento 8 representa al diseño de mezcla con 120 g de pigmento fosforescente y 100 % de vidrio molido

En la tabla 28 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 8, de donde se obtiene la media de 91.17 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 43.41 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 31.01 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 2.85 kg/cm<sup>2</sup>, lo quiere decir que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por consiguiente, el resultado obtenido es aceptable del experimento 8.



**Figura 19 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente**

Tal y como se percibe en la figura 19, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 100 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino

y 120 g de pigmento fosforescente representa al experimento 8, del gráfico se puede observar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado más favorable para este trabajo que se obtuvo con el diseño de 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente fue de  $f'c = 91.17 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, y no superando a la resistencia proyectada.

#### 5.1.4 Análisis de resultado de resistencia a la compresión del objetivo específico 5

##### 5.1.4.1 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 1 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 29 — Resistencia a la compresión del experimento 1 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM7-1	10	147.02	148.27	8.13
VM7-2		156.94		
VM7-3		140.83		

Nota: El experimento 1 representa al diseño de mezcla con 10 % de vidrio molido

En la tabla 29 se aprecian los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 1, obteniéndose una media de  $148.27 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 70.60 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 50.43 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $8.13 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual indica que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 1.

**Tabla 30 — Resistencia a la compresión del experimento 1 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM14-1	10	151.48	173.02	18.72
VM14-2		185.33		
VM14-3		182.24		

Nota: El experimento 1 corresponde al diseño de mezcla con 10 % de vidrio molido

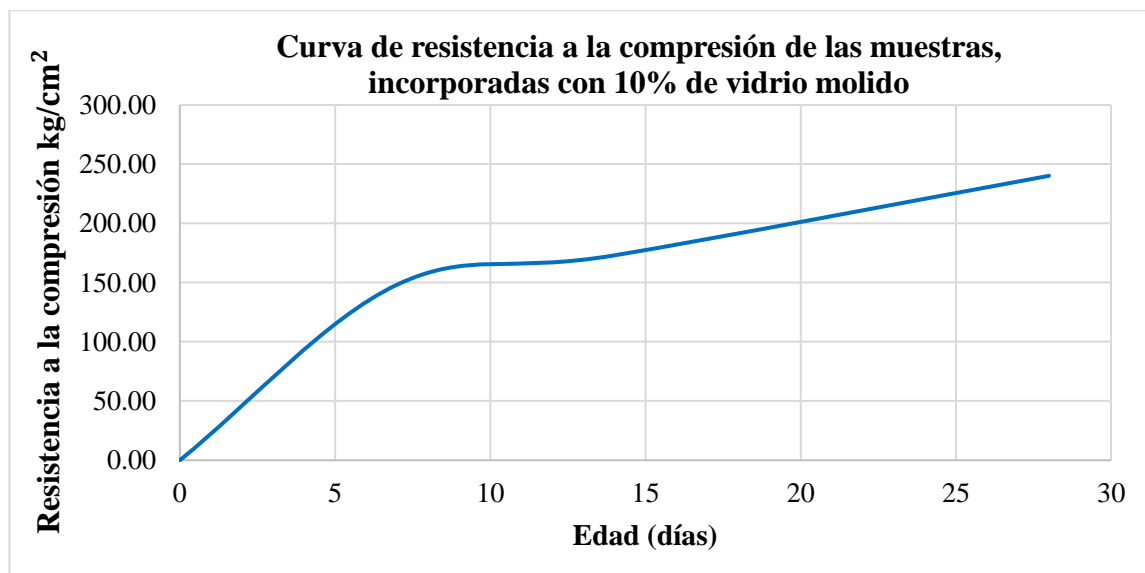
En la tabla 30 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 1, de donde se obtiene la media de 173.02 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 82.39 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 58.85 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 18.72 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que la dispersión de las muestras es permisible con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 1.

**Tabla 31 — Resistencia a la compresión del experimento 1 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM28-1	10	232.58	240.18	13.88
VM28-2		256.21		
VM28-3		231.77		

Nota: El experimento 1 representa al diseño de mezcla con 10 % de vidrio molido

En la tabla 31 se percibe los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 1, resultando una media de 240.18 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 114.37 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 81.69 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 13.88 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que la dispersión de las muestras es permisible con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 1.



**Figura 20 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 10 % de vidrio molido**

Tal y como se observa en la figura 20, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 10 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino representa al experimento 1, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión, a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado de resistencia a la compresión más favorable para este trabajo de investigación que se obtuvo con el diseño de 10 % de vidrio molido fue de  $f'c = 240.18 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, superando a la resistencia proyectada.

#### 5.1.4.2 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 2 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 32 — Resistencia a la compresión del experimento 2 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Media ( $\text{kg/cm}^2$ )	Desviación estándar ( $\text{kg/cm}^2$ )
VM7-4	20	154.99	147.67	6.90
VM7-5		141.29		
VM7-6		146.73		

Nota: El experimento 2 representa al diseño de mezcla con 20 % de vidrio molido

En la tabla 32 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 2, de donde se obtiene la media de  $147.67 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 70.32 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 50.23 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $6.90 \text{ kg/cm}^2$ , lo que indica que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 2.

**Tabla 33 — Resistencia a la compresión del experimento 2 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Media ( $\text{kg/cm}^2$ )	Desviación estándar ( $\text{kg/cm}^2$ )
VM14-4	20	150.58	172.94	23.98
VM14-5		198.26		
VM14-6		169.98		

Nota: El experimento 2 corresponde al diseño de mezcla con 20 % de vidrio molido

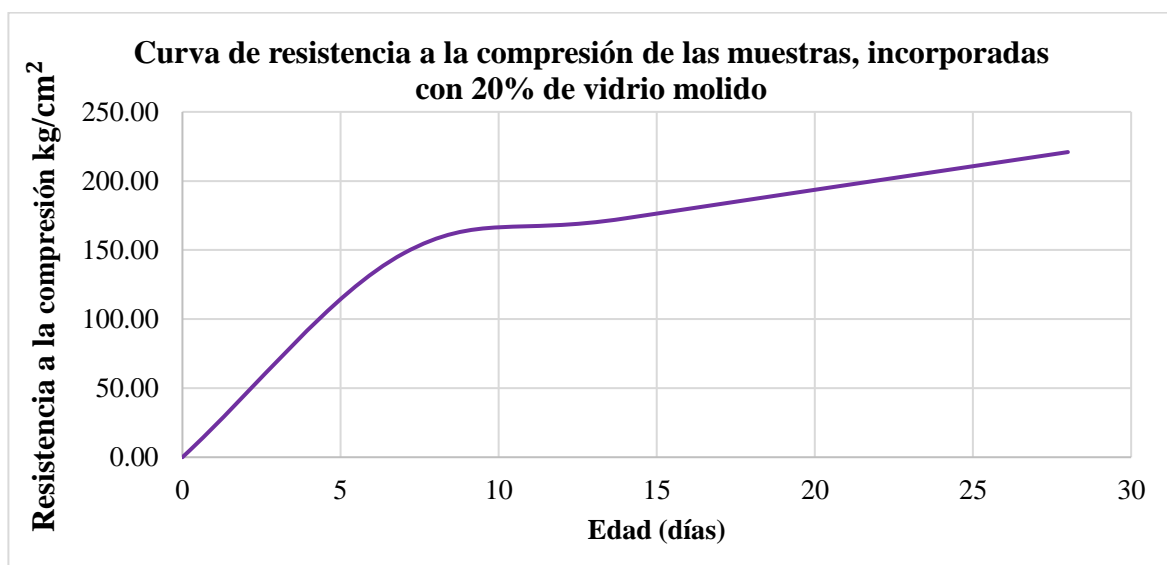
En la tabla 33 se aprecia los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 2, de donde resulta la media de  $172.94 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 82.35 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 58.82 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $23.98 \text{ kg/cm}^2$ , lo que indica que la dispersión de las muestras es permisible con respecto a la media, por lo tanto, el resultado obtenido es aceptable del experimento 2.

**Tabla 34 — Resistencia a la compresión del experimento 2 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Media ( $\text{kg/cm}^2$ )	Desviación estándar ( $\text{kg/cm}^2$ )
VM28-4	20	219.27	220.91	2.16
VM28-5		223.36		
VM28-6		220.10		

Nota: El experimento 2 representa al diseño de mezcla con 20 % de vidrio molido

En la tabla 34 se representan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 2, de donde se resulta la media de  $220.91 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 105.20 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 75.14 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $2.16 \text{ kg/cm}^2$ , lo que indica que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo que el resultado obtenido es aceptable del experimento 2.



**Figura 21 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 20 % de vidrio molido**

Tal y como se aprecia en la figura 21, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 20 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino representa al experimento 2, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado de resistencia la compresión más óptimo para este trabajo de investigación que se obtuvo con el diseño de 20 % de vidrio molido fue de  $f'c = 220.91 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, superando a la resistencia proyectada.

#### 5.1.4.3 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 3 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 35 — Resistencia a la compresión del experimento 3 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM7-7	30	138.42	141.37	4.42
VM7-8		146.45		
VM7-9		139.24		

Nota: El experimento 3 representa al diseño de mezcla con 30 % de vidrio molido

En la tabla 35 se aprecia los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 3, como resultado se obtiene la media de  $141.37 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 67.32 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 48.09 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $4.42 \text{ kg/cm}^2$ , lo que muestra que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 3.

**Tabla 36 — Resistencia a la compresión del experimento 3 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM14-7	30	176.46	171.01	9.99
VM14-8		177.09		
VM14-9		159.47		

Nota: El experimento 3 representa al diseño de mezcla con 30 % de vidrio molido

En la tabla 36 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 3, de donde se obtiene como resultado la media de  $171.01 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual

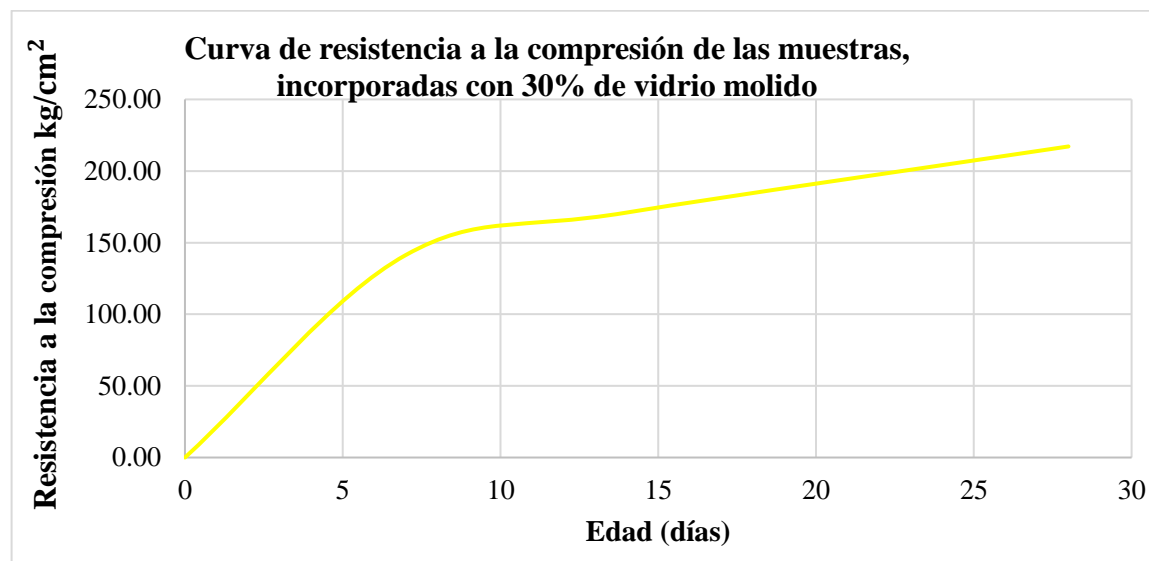
representa el 81.43 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 64.97 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $9.99 \text{ kg/cm}^2$ , lo que refleja que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el valor obtenido es aceptable del experimento 3.

**Tabla 37 — Resistencia a la compresión del experimento 3 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Media ( $\text{kg/cm}^2$ )	Desviación estándar ( $\text{kg/cm}^2$ )
VM28-7	30	207.42	217.15	9.83
VM28-8		216.96		
VM28-9		227.08		

Nota: El experimento 3 corresponde al diseño de mezcla con 30 % de vidrio molido

En la tabla 37 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del experimento 3, de donde se obtiene la media de  $217.15 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 103.41 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 73.86 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $9.83 \text{ kg/cm}^2$ , lo que indica que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del experimento 3.



**Figura 22 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 30 % de vidrio molido**

Tal y como se percibe en la figura 22, la curva de resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 30 % de vidrio finalmente molido como reemplazo parcial de agregado fino representa al experimento 3, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado de resistencia a la compresión más favorable para este trabajo de investigación que se obtuvo con el diseño de 30 % de vidrio molido fue de  $f'c = 217.15 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, superando a la resistencia proyectada.

#### 5.1.4.4 Análisis de resistencia a la compresión del experimento 4 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 38 — Resistencia a la compresión del experimento 4 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM7-10	100	122.38	128.59	6.40
VM7-11		135.17		
VM7-12		128.24		

Nota: El experimento 4 representa al diseño de mezcla con 100 % de vidrio molido

En la tabla 38 aprecian los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del experimento 4, de donde se obtuvo la media de  $128.59 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 61.24 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 43.74 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $6.40 \text{ kg/cm}^2$ , lo que muestra que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es permisible del experimento 4.

**Tabla 39 — Resistencia a la compresión del experimento 4 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
VM14-10	100	169.50	168.57	1.19
VM14-11		167.22		
VM14-12		168.99		

Nota: El experimento 4 corresponde al diseño de mezcla con 100 % de vidrio molido

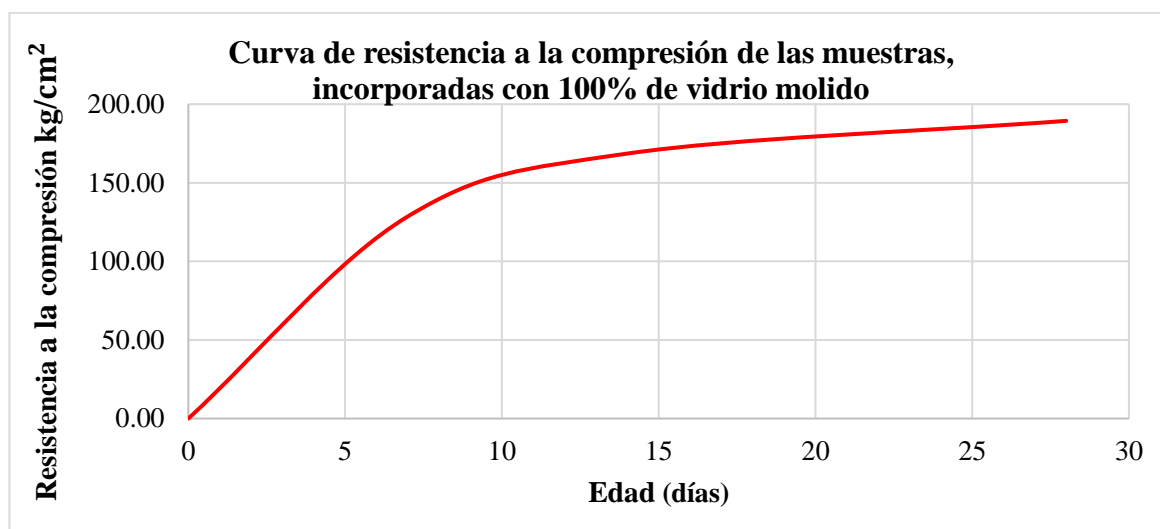
En la tabla 39 se aprecian los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del experimento 4, de donde se obtiene la media de  $168.57 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 80.27 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 57.34 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $1.19 \text{ kg/cm}^2$ , lo que refleja que la dispersión de las muestras es mínima respecto a la media, por lo tanto, el resultado obtenido es aceptable del experimento 4.

**Tabla 40 — Resistencia a la compresión del experimento 4 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Vidrio molido (%)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )	Media ( $\text{kg/cm}^2$ )	Desviación estándar ( $\text{kg/cm}^2$ )
VM28-10	100	199.77	189.39	9.00
VM28-11		184.67		
VM28-12		183.72		

Nota: El experimento 4 representa al diseño de mezcla con 100 % de vidrio molido

En la tabla 40 se detallan los resultados de la resistencia a la compresión axial a edad de 28 días del experimento 4, obteniéndose la media de  $189.39 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 90.18 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 64.42 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $9.00 \text{ kg/cm}^2$ , lo que refleja que la dispersión de las muestras es mínima referente a la media, entonces el resultado obtenido es permisible del experimento 4.



**Figura 23 — Curva de resistencia a la compresión del concreto con 100 % de vidrio molido**

Tal y como se aprecia en la figura 23, la curva del ensayo de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con 100 % de vidrio finalmente molido como sustituto total de agregado fino representa al experimento 4, del gráfico se puede evidenciar la resistencia a la compresión a la edad de 7 días tiene resistencia notable. Los resultados más favorables para este trabajo de investigación que se obtuvo con el diseño de 100 % de vidrio molido fue de  $f'c = 189.39 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, y no superando a la resistencia proyectada.

#### 5.1.4.5 Análisis de resistencia a la compresión del patrón 1 a edad de 7, 14 y 28 días

**Tabla 40 — Resistencia a la compresión del patrón 1 a la edad de 7 días**

Código de muestra	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
P7-1	129.79	137.57	12.56
P7-2	152.06		
P7-3	130.86		

Nota: El patrón 1 representa al diseño de mezcla de concreto convencional

En la tabla 41 se detallan los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del patrón 1, de donde se obtiene la media de  $137.57 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual representa el 65.51 % de la resistencia proyectada ( $210 \text{ k/cm}^2$ ) y 46.79 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla ( $294 \text{ kg/cm}^2$ ). La desviación estándar es de  $12.56 \text{ kg/cm}^2$ , lo que quiere decir que la dispersión de las muestras es permisible referente a la media, por consiguiente, el resultado obtenido es aceptable del patrón 1.

**Tabla 41 — Resistencia a la compresión del patrón 1 a la edad de 14 días**

Código de muestra	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
P14-4	185.08	178.87	9.45
P14-5	167.99		
P14-6	183.55		

Nota: El patrón 1 representa al diseño de mezcla de concreto convencional

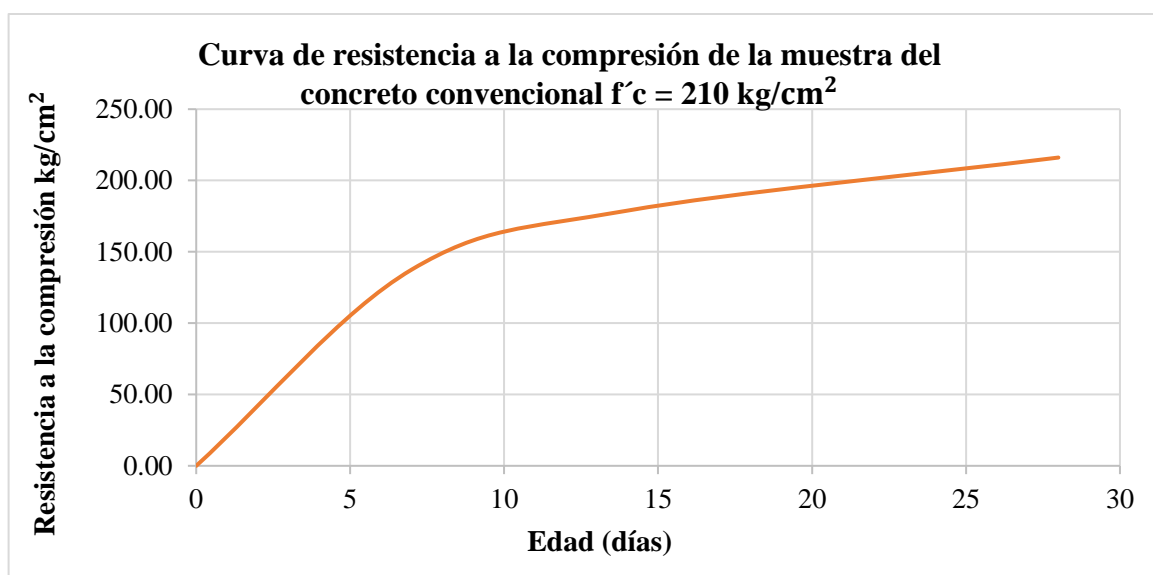
En la tabla 42 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del patrón 1, obteniéndose la media de 178.87 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 85.18 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 69.84 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 9.45 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por consiguiente, el resultado obtenido es aceptable del patrón 1.

**Tabla 42 — Resistencia a la compresión del patrón 1 a la edad de 28 días**

Código de muestra	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
P28-7	215.15	216.08	2.85
P28-8	219.28		
P28-9	213.82		

Nota: El patrón 1 representa al diseño de mezcla de concreto convencional

En la tabla 43 se perciben los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del patrón 1, del cual se obtiene la media de 216.08 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual representa el 102.90 % de la resistencia proyectada (210 k/cm<sup>2</sup>) y 73.50 % de la resistencia a compresión del diseño de mezcla (294 kg/cm<sup>2</sup>). La desviación estándar es de 2.85 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que la dispersión de las muestras es mínima con respecto a la media, por lo cual el resultado obtenido es aceptable del patrón 1.



**Figura 24 — Curva de resistencia a la compresión del concreto convencional**

Tal y como se muestra en la figura 24, la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de concreto convencional representa al patrón 1, del gráfico se puede observar la resistencia a la compresión axial a la edad de 7 días tiene resistencia notable. El resultado más favorable para este trabajo que se obtuvo con el diseño de mezcla de concreto tradicional fue de  $f'c = 216.08 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días, y superando a la resistencia proyectada.

### 5.1.5 Análisis de resultados de objetivo específico 6

#### 5.1.5.1 Análisis de resultado del tiempo de carga y descarga del concreto fosforescente

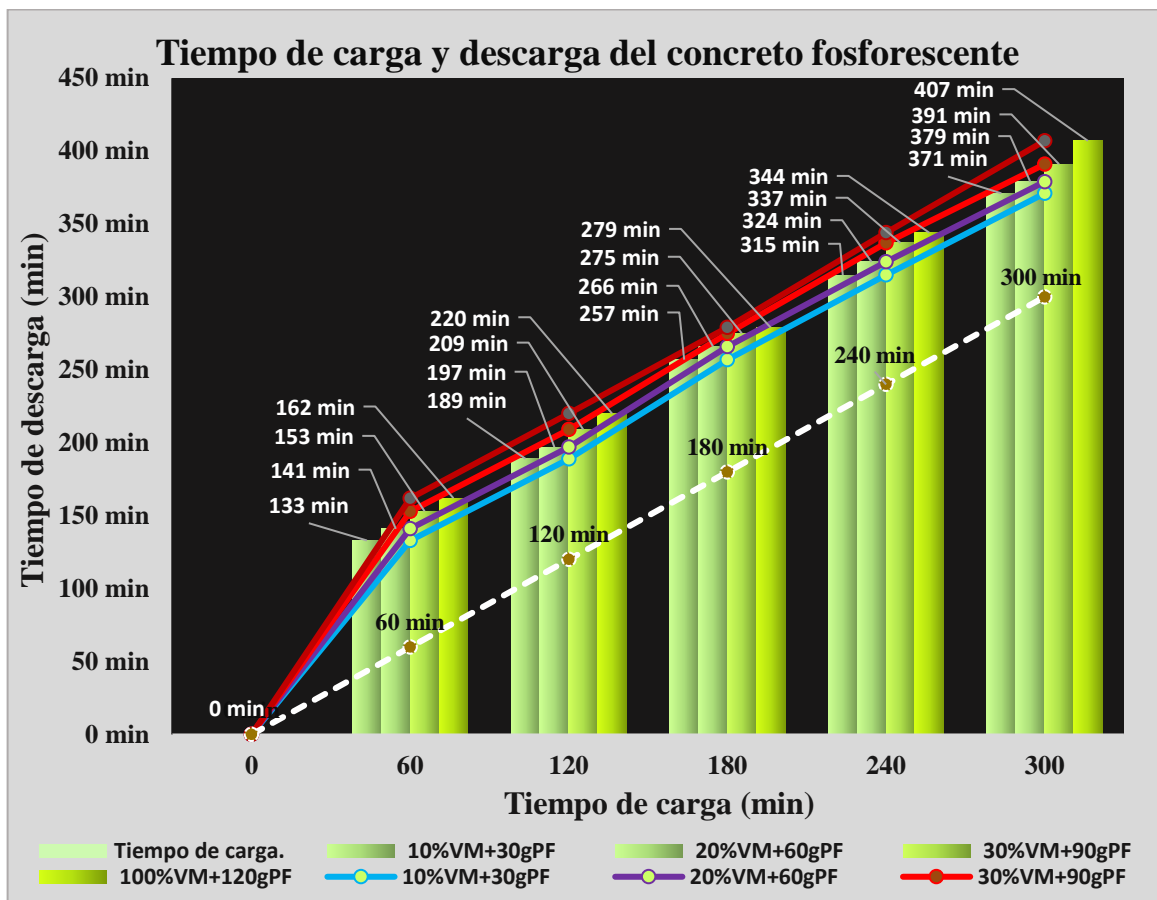


Figura 25 — Curva de resistencia a la compresión del concreto convencional

En la en la figura 25 se muestran los resultados del tiempo de carga y descarga del concreto fosforescente, para los cuales se planteó cinco tiempos de cargas diferentes, el primero de una hora, el segundo de dos horas, el tercero de tres horas, el cuarto de cuatro horas y el quinto de cinco horas, para concretos con 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente,

teniendo en cuenta que por cada proporción se tuvo tres muestras cilíndricas de concreto. De acuerdo a la figura 34, se observa que el tiempo promedio de descarga fue superior al tiempo de carga del concreto fosforescente.

Con respecto al brillo de luminiscencia se observó visualmente que después de cargar 4 horas el diseño con 60 g de pigmento fosforescente, demostró que, al descargarse 2 horas, su intensidad de brillo era equivalente a la carga de 4 hora del diseño con 30 g de pigmento fosforescente. Las probetas diseñadas con 120 g de pigmento, demostraron que luego de descargarse 4 horas, su brillo fue igual a la descarga de 1 hora de del diseño con 60 g de pigmento. Por último, de todas las muestras, el diseño con 120 g de pimento, tuvo un nivel óptimo de brillo de luminiscencia.

## **5.2 Contrastación de hipótesis**

Para determinar la contrastación de las hipótesis se realizó un análisis para validar o rechazar de acuerdo a los resultados estadísticos, para ello se empleó el uso del programa IMB SPSS Statistics V 25 en base a la varianza de un factor, prueba de medias por diferencia significativa honesta y t de student para muestras relacionadas.

### **5.2.1 Contrastación de hipótesis general**

Para contrastar la hipótesis general se empleó el análisis de varianza de un factor por tratarse de varios grupos de muestras como es patrón 1 que representa concreto convencional, experimento 1 que representa el diseño con 10 % de vidrio molido como agregado fino, experimento 2 que representa el diseño con 20 % de vidrio molido como agregado fino, experimento 3 que representa el diseño con 30 % de vidrio molido como agregado fino, experimento 4 que representa el diseño con 100 % de vidrio molido como agregado fino, experimento 5 que representa el diseño con 10 % de vidrio molido como agregado fino y 30 g de pigmento fosforescente, experimento 6 que representa el diseño con 20 % de vidrio molido como agregado fino y 60 g de pigmento fosforescente, experimento 7 que representa el diseño con 30 % de vidrio molido como agregado fino y 90 g de pigmento fosforescente, experimento 8 que representa el diseño con 100 % de vidrio molido como agregado fino y 120 g de pigmento fosforescente. Las medias de resistencia a la compresión se analizarán a la edad de 7 días, 14 días y 28 días.

- **Planteamiento de las hipótesis**

**H0:**  $\mu P1 = \mu E1V = \mu E2 = \mu E3 = \mu E4 = \mu E5 = \mu E6 = \mu E7 = \mu E8$

**H1:** No todas las medias de resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días, 14 días y 28 días son iguales.

Para emplear la varianza de un factor, las muestras tienen que cumplir con la distribución normal, por consiguiente, aplicaremos la prueba de Shapiro-Wilk, suponiendo las varianzas iguales con la ayuda del software IBM SPSS Statistics, para lo cual determinaremos la hipótesis de normalidad.

- **Prueba de Shapiro-Wilk**

**H0:** La variable proviene de distribución normal (Si p-valor  $\geq 0.05$  se acepta **H0**)

**H1:** La variable no proviene de distribución normal (Si p-valor  $< 0.05$  se rechaza **H0**)

**Tabla 43 — Prueba de normalidad de las muestras de concreto a la edad de 7 días**

Variable dependiente	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl.	P-Valor
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Patrón 1	0.786	3	0.081
	Experimento 1	0.982	3	0.746
	Experimento 2	0.986	3	0.775
	Experimento 3	0.826	3	0.178
	Experimento 4	0.998	3	0.908
	Experimento 5	0.986	3	0.775
	Experimento 6	0.982	3	0.744
	Experimento 7	0.804	3	0.124
	Experimento 8	0.999	3	0.935

Con respecto a la tabla 43 se aprecia que el p-valor es mayor a 5 % de nivel significancia asumida para cada una de los grupos de muestras, por lo tanto, se puede aseverar que el experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4, experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 y patrón 1 provienen de una distribución normal a la edad de 7 días.

**Tabla 44 — Prueba de normalidad de las muestras de concreto a la edad de 14 días**

Variable dependiente	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl.	P-Valor
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Patrón 1	0.817	3	0.155
	Experimento 1	0.818	3	0.158
	Experimento 2	0.989	3	0.795
	Experimento 3	0.777	3	0.06
	Experimento 4	0.908	3	0.411
	Experimento 5	0.843	3	0.221
	Experimento 6	0.992	3	0.826
	Experimento 7	0.775	3	0.057
	Experimento 8	0.998	3	0.917

Con respecto a la tabla 44 se observa que el p-valor es mayor a 5 % de nivel significancia asumida en cada una de los grupos de muestras, por lo tanto se puede aseverar que el experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4, experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 y patrón 1 provienen de una distribución normal a la edad de 14 días.

**Tabla 45 — Prueba de normalidad de las muestras de concreto a la edad de 28 días**

Variable dependiente	Muestras	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl.	P-Valor
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Patrón 1	0.92	3	0.452
	Experimento 1	0.775	3	0.055
	Experimento 2	0.894	3	0.366
	Experimento 3	1.000	3	0.968
	Experimento 4	0.794	3	0.100
	Experimento 5	0.964	3	0.637
	Experimento 6	0.982	3	0.359
	Experimento 7	0.998	3	0.908
	Experimento 8	0.971	3	0.675

Con respecto a la tabla 45 se percibe que el p-valor es mayor a 5 % de nivel significancia asumida en cada una de los grupos de muestras, por lo tanto se puede aseverar que el experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4, experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 y patrón 1 provienen de una distribución normal a la edad de 28 días.

- **Prueba de análisis de varianza de un factor**

$$H_0: \mu_{P1} = \mu_{E1V} = \mu_{E2} = \mu_{E3} = \mu_{E4} = \mu_{E5} = \mu_{E6} = \mu_{E7} = \mu_{E8}$$

**H1:** No todas las medias de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 7 días, 14 días y 28 días son iguales

Si p-valor  $\geq 0.05$  se acepta  $H_0$ .

Si p-valor  $< 0.05$  se rechaza  $H_0$ .

**Tabla 46 — Prueba de análisis de varianza de un factor del concreto a la edad de 7 días**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Entre muestras	17927.572	8	2240.946	46.210	0.000
Dentro de las muestras	872.908	18	48.495		
Total	18800.480	26			

De acuerdo a los resultados de la tabla 46 se percibe que el p - valor  $< \alpha = 0.05$ , por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación, por lo tanto, al menos una de las medias de la resistencia a la compresión de los especímenes del experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4, experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 y patrón 1 es diferente a la edad de 7 días.

**Tabla 47 — Prueba de análisis de varianza de un factor del concreto a la edad de 14 días**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Entre muestras	25749.974	8	3218.747	15.938	0.000
Dentro de las muestras	3635.191	18	201.955		
Total	29385.165	26			

De acuerdo a los resultados de la tabla 47 se percibe que el valor de p-valor  $< \alpha = 0.05$ , por ende, se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis de la investigación, por lo cual al menos una de las medias de la resistencia a la compresión de las muestras del experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4, experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 y patrón 1 es diferente a la edad de 14 días.

**Tabla 48 — Prueba de análisis de varianza de un factor del concreto a la edad de 28 días**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-Valor
Entre muestras	50638.942	8	6329.868	130.023	0.000
Dentro de las muestras	870.265	18	48.348		
Total	51509.207	26			

De acuerdo a los resultados de la tabla 48, se observa que el valor de p-valor  $< \alpha = 0.05$ , por lo cual, se rechaza la hipótesis nula y se admite la hipótesis de la investigación, por consiguiente, al menos una de las medias de la resistencia a la compresión de los especímenes del experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4, experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 y patrón 1 es diferente a la edad de 28 días.

De acuerdo a los resultados obtenidos a base de la prueba de análisis de varianza de un factor de la resistencia a la compresión de concreto a la edad de 7 días, 14 días y 28 días, se percibe que el p-valor  $< \alpha = 0.05$  por lo cual hay diferencias al menos en una de las medias de la resistencia a la compresión de los especímenes de los grupos de muestras.

- **Prueba de medias por diferencia significativa honesta**

De acuerdo al análisis de la hipótesis de grupo de muestras analizadas por la prueba de ANOVA se afirma que hay diferencia de medias, pero no se sabe que medias de la resistencia a la compresión estadísticamente son diferentes, para lo cual hemos realizado la prueba de tukey.

Tabla 49 — Prueba de medias por diferencia significativa honesta – edad de 7 días

Muestras (I)	Muestras (J)	Diferencia de medias ( I-J )	Desv. Error	p-valor
Patrón (1)	Experimento 1	-10.697	5.686	0.633
	Experimento 2	-10.100	5.686	0.696
	Experimento 3	-3.802	5.686	0.999
	Experimento 4	8.974	5.686	0.804
	Experimento 5	3.867	5.686	0.998
	Experimento 6	19.299	5.686	0.062
	Experimento 7	38.631	5.686	0.000
	Experimento 8	73.281	5.686	0.000
Experimento (1)	Patrón 1	10.697	5.686	0.633
	Experimento 2	0.597	5.686	1.000
	Experimento 3	6.895	5.686	0.943
	Experimento 4	19.672	5.686	0.054
	Experimento 5	14.564	5.686	0.268
	Experimento 6	29.997	5.686	0.001
	Experimento 7	49.329	5.686	0.000
	Experimento 8	83.978	5.686	0.000
Experimento (2)	Patrón 1	10.100	5.686	0.696
	Experimento 1	-0.597	5.686	1.000
	Experimento 3	6.298	5.686	0.965
	Experimento 4	19.075	5.686	0.067
	Experimento 5	13.967	5.686	0.313
	Experimento 6	29.400	5.686	0.002
	Experimento 7	48.732	5.686	0.000
	Experimento 8	83.381	5.686	0.000
Experimento (3)	Patrón 1	3.802	5.686	0.999
	Experimento 1	-6.895	5.686	0.943
	Experimento 2	-6.298	5.686	0.965
	Experimento 4	12.776	5.686	0.419
	Experimento 5	7.669	5.686	0.903
	Experimento 6	23.101	5.686	0.016
	Experimento 7	42.433	5.686	0.000
	Experimento 8	77.083	5.686	0.000

Experimento (4)	Patrón 1	-8.974	5.686	0.804
	Experimento 1	-19.672	5.686	0.054
	Experimento 2	-19.075	5.686	0.067
	Experimento 3	-12.776	5.686	0.419
	Experimento 5	-5.108	5.686	0.990
	Experimento 6	10.325	5.686	0.672
	Experimento 7	29.657	5.686	0.002
	Experimento 8	64.306	5.686	0.000
Experimento (5)	Patrón 1	-3.867	5.686	0.998
	Experimento 1	-14.564	5.686	0.268
	Experimento 2	-13.967	5.686	0.313
	Experimento 3	-7.669	5.686	0.903
	Experimento 4	5.108	5.686	0.990
	Experimento 6	15.433	5.686	0.210
	Experimento 7	34.765	5.686	0.000
	Experimento 8	69.414	5.686	0.000
Experimento (6)	Patrón 1	-19.299	5.686	0.062
	Experimento 1	-29.997	5.686	0.001
	Experimento 2	-29.400	5.686	0.002
	Experimento 3	-23.101	5.686	0.016
	Experimento 4	-10.325	5.686	0.672
	Experimento 5	-15.433	5.686	0.210
	Experimento 7	19.332	5.686	0.061
	Experimento 8	53.981	5.686	0.000
Experimento (7)	Patrón 1	-38.631	5.686	0.000
	Experimento 1	-49.329	5.686	0.000
	Experimento 2	-48.732	5.686	0.000
	Experimento 3	-42.433	5.686	0.000
	Experimento 4	-29.657	5.686	0.002
	Experimento 5	-34.765	5.686	0.000
	Experimento 6	-19.332	5.686	0.061
	Experimento 8	34.649	5.686	0.000

Experimento (8)	Patrón 1	-73.281	5.686	0.000
	Experimento 1	-83.978	5.686	0.000
	Experimento 2	-83.381	5.686	0.000
	Experimento 3	-77.083	5.686	0.000
	Experimento 4	-64.306	5.686	0.000
	Experimento 5	-69.414	5.686	0.000
	Experimento 6	-53.981	5.686	0.000
	Experimento 7	-34.649	5.686	0.000

**Tabla 50 — Prueba de medias por diferencia significativa honesta – edad de 14 días**

Muestras (I)	Muestras (J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	p-valor
Patrón (1)	Experimento 1	5.856	11.603	1.000
	Experimento 2	5.934	11.603	1.000
	Experimento 3	7.864	11.603	0.999
	Experimento 4	10.304	11.603	0.991
	Experimento 5	23.068	11.603	0.569
	Experimento 6	41.783	11.603	0.041
	Experimento 7	59.959	11.603	0.002
	Experimento 8	97.770	11.603	0.000
Experimento (1)	Patrón 1	-5.856	11.603	1.000
	Experimento 2	0.078	11.603	1.000
	Experimento 3	2.009	11.603	1.000
	Experimento 4	4.449	11.603	1.000
	Experimento 5	17.212	11.603	0.849
	Experimento 6	35.927	11.603	0.108
	Experimento 7	54.104	11.603	0.005
	Experimento 8	91.914	11.603	0.000
Experimento (2)	Patrón 1	-5.934	11.603	1.000
	Experimento 1	-0.078	11.603	1.000
	Experimento 3	1.930	11.603	1.000
	Experimento 4	4.370	11.603	1.000
	Experimento 5	17.134	11.603	0.852
	Experimento 6	35.849	11.603	0.110
	Experimento 7	54.025	11.603	0.005
	Experimento 8	91.836	11.603	0.000

Experimento (3)	Patrón 1	-7.864	11.603	0.999
	Experimento 1	-2.009	11.603	1.000
	Experimento 2	-1.930	11.603	1.000
	Experimento 4	2.440	11.603	1.000
	Experimento 5	15.203	11.603	0.916
	Experimento 6	33.918	11.603	0.147
	Experimento 7	52.095	11.603	0.007
	Experimento 8	89.905	11.603	0.000
Experimento (4)	Patrón 1	-10.304	11.603	0.991
	Experimento 1	-4.449	11.603	1.000
	Experimento 2	-4.370	11.603	1.000
	Experimento 3	-2.440	11.603	1.000
	Experimento 5	12.763	11.603	0.967
	Experimento 6	31.478	11.603	0.210
	Experimento 7	49.655	11.603	0.010
	Experimento 8	87.465	11.603	0.000
Experimento (5)	Patrón 1	-23.068	11.603	0.569
	Experimento 1	-17.212	11.603	0.849
	Experimento 2	-17.134	11.603	0.852
	Experimento 3	-15.203	11.603	0.916
	Experimento 4	-12.763	11.603	0.967
	Experimento 6	18.715	11.603	0.787
	Experimento 7	36.892	11.603	0.093
	Experimento 8	74.702	11.603	0.000
Experimento (6)	Patrón 1	-41.783	11.603	0.041
	Experimento 1	-35.927	11.603	0.108
	Experimento 2	-35.849	11.603	0.110
	Experimento 3	-33.918	11.603	0.147
	Experimento 4	-31.478	11.603	0.210
	Experimento 5	-18.715	11.603	0.787
	Experimento 7	18.177	11.603	0.810
	Experimento 8	55.987	11.603	0.003

Experimento (7)	Patrón 1	-59.959	11.603	0.002
	Experimento 1	-54.104	11.603	0.005
	Experimento 2	-54.025	11.603	0.005
	Experimento 3	-52.095	11.603	0.007
	Experimento 4	-49.655	11.603	0.010
	Experimento 5	-36.892	11.603	0.093
	Experimento 6	-18.177	11.603	0.810
	Experimento 8	37.810	11.603	0.080
Experimento (8)	Patrón 1	-97.770	11.603	0.000
	Experimento 1	-91.914	11.603	0.000
	Experimento 2	-91.836	11.603	0.000
	Experimento 3	-89.905	11.603	0.000
	Experimento 4	-87.465	11.603	0.000
	Experimento 5	-74.702	11.603	0.000
	Experimento 6	-55.987	11.603	0.003
	Experimento 7	-37.810	11.603	0.080

**Tabla 51 — Prueba de medias por diferencia significativa honesta – edad de 28 días**

<b>Muestras (I)</b>	<b>Muestras (J)</b>	<b>Diferencia de medias (I-J)</b>	<b>Desv. Error</b>	<b>p-valor</b>
Patrón (1)	Experimento 1	-24.104	5.677	0.011
	Experimento 2	-4.830	5.677	0.993
	Experimento 3	-1.073	5.677	1.000
	Experimento 4	26.694	5.677	0.004
	Experimento 5	4.775	5.677	0.994
	Experimento 6	40.918	5.677	0.000
	Experimento 7	65.400	5.677	0.000
	Experimento 8	124.915	5.677	0.000
Experimento (1)	Patrón 1	24.104	5.677	0.011
	Experimento 2	19.273	5.677	0.062
	Experimento 3	23.031	5.677	0.016
	Experimento 4	50.798	5.677	0.000
	Experimento 5	28.879	5.677	0.002
	Experimento 6	65.021	5.677	0.000
	Experimento 7	89.504	5.677	0.000
	Experimento 8	149.018	5.677	0.000

Experimento (2)	Patrón 1	4.830	5.677	0.993
	Experimento 1	-19.273	5.677	0.062
	Experimento 3	3.757	5.677	0.999
	Experimento 4	31.524	5.677	0.001
	Experimento 5	9.606	5.677	0.744
	Experimento 6	45.748	5.677	0.000
	Experimento 7	70.231	5.677	0.000
	Experimento 8	129.745	5.677	0.000
Experimento (3)	Patrón 1	1.073	5.677	1.000
	Experimento 1	-23.031	5.677	0.016
	Experimento 2	-3.757	5.677	0.999
	Experimento 4	27.767	5.677	0.003
	Experimento 5	5.848	5.677	0.977
	Experimento 6	41.991	5.677	0.000
	Experimento 7	66.473	5.677	0.000
	Experimento 8	125.988	5.677	0.000
Experimento (4)	Patrón 1	-26.694	5.677	0.004
	Experimento 1	-50.798	5.677	0.000
	Experimento 2	-31.524	5.677	0.001
	Experimento 3	-27.767	5.677	0.003
	Experimento 5	-21.919	5.677	0.025
	Experimento 6	14.224	5.677	0.291
	Experimento 7	38.706	5.677	0.000
	Experimento 8	98.221	5.677	0.000
Experimento (5)	Patrón 1	-4.775	5.677	0.994
	Experimento 1	-28.879	5.677	0.002
	Experimento 2	-9.606	5.677	0.744
	Experimento 3	-5.848	5.677	0.977
	Experimento 4	21.919	5.677	0.025
	Experimento 6	36.142	5.677	0.000
	Experimento 7	60.625	5.677	0.000
	Experimento 8	120.139	5.677	0.000

Experimento (6)	Patrón 1	-40.918	5.677	0.000
	Experimento 1	-65.021	5.677	0.000
	Experimento 2	-45.748	5.677	0.000
	Experimento 3	-41.991	5.677	0.000
	Experimento 4	-14.224	5.677	0.291
	Experimento 5	-36.142	5.677	0.000
	Experimento 7	24.483	5.677	0.010
	Experimento 8	83.997	5.677	0.000
Experimento (7)	Patrón 1	-65.400	5.677	0.000
	Experimento 1	-89.504	5.677	0.000
	Experimento 2	-70.231	5.677	0.000
	Experimento 3	-66.473	5.677	0.000
	Experimento 4	-38.706	5.677	0.000
	Experimento 5	-60.625	5.677	0.000
	Experimento 6	-24.483	5.677	0.010
	Experimento 8	59.514	5.677	0.000
Experimento (8)	Patrón 1	-124.915	5.677	0.000
	Experimento 1	-149.018	5.677	0.000
	Experimento 2	-129.745	5.677	0.000
	Experimento 3	-125.988	5.677	0.000
	Experimento 4	-98.221	5.677	0.000
	Experimento 5	-120.139	5.677	0.000
	Experimento 6	-83.997	5.677	0.000
	Experimento 7	-59.514	5.677	0.000

**Tabla 52 — Subconjuntos homogéneos Tukey a edad de 7 días**

Muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Experimento 8	3	64.288			
Experimento 7	3		98.937		
Experimento 6	3		118.269	118.269	
Experimento 4	3			128.594	128.594
Experimento 5	3			133.702	133.702
Patrón 1	3			137.568	137.568
Experimento 3	3				141.370
Experimento 2	3				147.669
Experimento 1	3				148.266
Significancia		1.000	0.061	0.062	0.054

De acuerdo a la Tabla 52 se aprecian los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión axial para la edad de 7 días, de lo cual podemos observar que el experimento 1, experimento 2, experimento 3 (Diseño con 10 %, 20 % y 30 % de vidrio molido como agregado fino) superan al experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 (Diseño con 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como agregado fino y 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente).

**Tabla 53 — Subconjuntos homogéneos Tukey a edad de 14 días**

Muestras	N	Subconjunto para-alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Experimento 8	3	81.103			
Experimento 7	3	118.914	118.914		
Experimento 6	3		137.090	137.090	
Experimento 5	3		155.805	155.805	155.805
Experimento 4	3			168.569	168.569
Experimento 3	3			171.009	171.009
Experimento 2	3			172.939	172.939
Experimento 1	3			173.017	173.017
Patrón 1	3				178.873
Significancia		0.080	0.093	0.108	0.569

De acuerdo a la Tabla 53 se observan los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión axial para la edad de 14 días, de lo cual podemos observar que el experimento 1, experimento 2, experimento 3, experimento 4 (Diseño con 10 %, 20 %, 30 %, 100 % de vidrio molido como agregado fino) superan al experimento 5, experimento 6,

experimento 7, experimento 8 (Diseño con 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como agregado fino y 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente).

**Tabla 54 — Subconjuntos homogéneos Tukey a edad de 28 días**

Muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Experimento 8	3	91.166				
Experimento 7	3		150.681			
Experimento 6	3			175.163		
Experimento 4	3			189.387		
Experimento 5	3				211.306	
Patrón 1	3				216.081	
Experimento 3	3				217.154	
Experimento 2	3				220.911	220.911
Experimento 1	3					240.185
Significancia		1.000	1.000	0.291	0.744	0.062

De acuerdo a la Tabla 54 se aprecian los subconjuntos homogéneos de los resultados de la resistencia a la compresión axial para la edad de 28 días, de lo cual podemos observar que el experimento 1, experimento 2, experimento 3 (Diseño con 10 %, 20 % y 30 % de vidrio molido como agregado fino) superan al experimento 5, experimento 6, experimento 7, experimento 8 (Diseño con 10 %, 20 % y 30 % de vidrio molido como agregado fino y 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente).

En esta investigación se planteó como hipótesis general lo siguiente, el vidrio molido influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar en diferentes porcentajes.

De acuerdo a la Tabla 52, Tabla 53, Tabla 54, anteriormente descritas podemos evidenciar que la media del experimento 1, experimento 2 y experimento 3 (Diseño con 10 %, 20 % y 30 % de vidrio molido como agregado fino) representa estadísticamente una influencia significativa en los resultados obtenidos respecto al experimento 6, experimento 7 y experimento 8 (Diseño con 20 % y 30 % de vidrio molido como agregado fino y 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente).

### 5.2.2 Contratación de hipótesis específicas

a) La resistencia a la compresión incorporado con vidrio molido y pigmento fosforescente es superior a la resistencia a compresión del concreto patrón, para ser aplicado en la señalización de tránsito en pavimento rígido.

De la tabla 54 podemos evidenciar que las medias de la muestra a la edad de 28 días, del experimento 5 y del grupo de control 1, corresponden al diseño de mezcla de 10 % de vidrio molido con 30 g de pigmento fosforescente y al diseño del concreto tradicional, de los cuales se obtuvieron  $211.31 \text{ kg/cm}^2$  y  $216.08 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión

Se afirma que la resistencia a la compresión del concreto a edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla de 10 % de vidrio molido con 30 g de pigmento fosforescente es mayor a  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , cual cumple con los parámetros de serviciabilidad sin embargo el brillo de luminiscencia del concreto fosforescente no cumple.

b) Es esta investigación se planteó como hipótesis específica 5, el vidrio molido en las proporciones de 10 %, 20 %, 30 % y 100 %, mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto convencional.

De acuerdo a la Tabla 52, Tabla 53, anteriormente descritas podemos evidenciar que la media de la muestra del experimento 1 y muestra del experimento 2 es mayor que la media de la muestra del patrón, por cual se concluye que la resistencia a la compresión del concreto incorporado con 10 % y 20 % de vidrio molido como agregado fino es mayor que la resistencia a la compresión del concreto convencional.

c) Es esta investigación se planteó como hipótesis específica 6, el vidrio molido y pigmento fosforescente, influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de descarga es mayor al tiempo de carga, del concreto fosforescente. Para contrastar la hipótesis específica 6, se empleará la estadística de prueba t student para dos muestras relacionadas.

**Paso 1.** Planteamiento de la hipótesis

**H<sub>0</sub>:** El tiempo de descarga es menor al tiempo de carga del concreto fosforescente.

**H<sub>1</sub>:** El tiempo de descarga es mayor al tiempo de carga del concreto fosforescente.

**H<sub>0</sub>:**  $\mu_c < \mu_d$

**H<sub>1</sub>:**  $\mu_d > \mu_c$

Datos:

Nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$

Grados de libertad  $gl=4$

Promedio de las diferencias  $\bar{d} = 93.20$

Desviación estándar  $Sd = 2.86$

$$Sd = \sqrt{\frac{(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

Estadístico de prueba  $t = 72.77$

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{Sd}{\sqrt{n}}}$$

p-valor = 0.000

Valor crítico de t (una cola) = 2.13

**Decisión**

En vista de que el p-valor obtenido es menor a la prueba t ( $p=0.000 < \text{prueba } t = 72.778$ ), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, por lo cual este resultado confirma que el tiempo de descarga es mayor al tiempo de carga del concreto fosforescente.

**5.3. Discusión**

- a) Según la investigación realizada por Riveros y Ardila en el año 2021, llegó a la conclusión que la resistencia obtenida fue de 11 Mpa, en base a los diseños de relación agua y resina de 50/50 y de 70/30 con 10 %, 20 % y 30 % de pigmentos fosforescentes, dichos diseños fueron proyectados para 17 MPa, lo cual es inferior al diseño de concreto pobre que es de 13,5 MPa. Pero según mi investigación alcanzó una resistencia de 211.31 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a los diseños de 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido con 30 g, 60 g, 90 g y 120 g de pigmento fosforescente que dichos diseños fueron proyectados para una resistencia

teórica de  $210 \text{ kg/cm}^2$  lo cual es superior a la resistencia proyectada, razón por lo que se añadió el vidrio molido para contrarrestar la reducción de la resistencia causado por el pigmento fosforescente que actúa como material contaminante.

Referente a la estimación del tiempo de carga y descarga que ha planteado Riveros y Ardila, llegó a la conclusión que el diseño con 20 % de pigmento y 50 % de resina después de descargarse durante 6 horas tiene el brillo equivalente a la descarga de 4 horas del diseño con 30 % del pigmento fosforescente y de resina. Pero según mis conclusiones en base a los diseños se determinó que el diseño con 120 g de pigmento fosforescente, después de descargarse 2 horas tiene un brillo de luminiscencia equivalente a la descarga de 1 hora del diseño con 90 g de pigmento, porque, en el diseño que se planteó en esta investigación no se hizo uso de la resina lo cual incrementa el brillo de la luminiscencia del concreto.

- b) Según la investigación planteada por Hernández y Rojas en el año 2021, llegó a la conclusión en base en su trabajo de investigación “Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino”, se concretó las siguiente conclusión a base de esta investigación, fue que el diseño que generó resultados más óptimos fue la incorporación del 6 % de vidrio molido como sustituto del agregado fino, alcanzando una resistencia óptimo de 23.07 MPa, excediendo en 6.5 % la resistencia máxima de la muestra patrón que es de 21.66 MPa.

En este proyecto de investigación, el diseño que generó los resultados mejores fue el que se incorporó el peso de 10 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino, alcanzando una máxima resistencia de  $240.19 \text{ kg/cm}^2$ , siendo superior en 11.16 % de la resistencia máxima de la muestra de patrón que es de  $216.08 \text{ kg/cm}^2$ . Tomando como base los resultados concretados en los estudios de la literatura anteriormente descritas, lo cual ha mostrado un aumento en la resistencia en 6.5 % con 6 % de incorporación de vidrio molido con respecto a su muestra patrón, se podría describir que el porcentaje de aumento de 11.16 % respecto a su muestra patrón no fue un incremento considerable.

- c) De acuerdo a la investigación realizada por Rázuri y León en el año 2020, llegó a la siguiente conclusión como se muestra en la Tabla 58, en base a los diseños planteados para una resistencia a la compresión axial de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 55 — Resistencia a la compresión de las muestras de concreto a edad de 14 días, 28 días de curado**

Resistencia a la compresión de concreto según porcentaje de VRFM				
Descripción	Grupo patrón	Con 10 % de VRFM	Con 15 % de VRFM	Con 20 % de VRFM
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) a edad de 14 días	175.26	229.44	274.13	245.05
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) a edad de 28 días	247.49	260.27	294.80	283.14

Extraído: Rázuri y León, 2020

De acuerdo a los resultados que se perciben en la Tabla 55, muestran una resistencia mayor a la proyectada, pero según mi investigación planteada, la resistencia más óptima fue de 240.185 kg/cm<sup>2</sup> con el diseño 10 % de vidrio finalmente molido, porque las propiedades físicas y químicas de los agregados influyen en la resistencia final del concreto, como también el vidrio molido se ha desintegrado de forma manual.

En este proyecto de investigación se tomó el 10 %, 20 %, 30% y 100% de vidrio molido en base a la información de la Tabla 56, como también tomando en cuenta el brillo de la luminiscencia, obviamente que a mayor concentración de vidrio molido mejor es el brillo de luminiscencia.

- d) Según la investigación planteada por Medina y Azañedo en el año 2018, llegó a una conclusión que al cargar 15 min, las muestras de concreto incorporadas con piedras fotoluminiscentes emiten la luz por más de 8 horas, lo cual es una estimación muy óptima para las horas nocturnas. Pero según mi investigación el tiempo de descarga es superior al tiempo de carga en 1:30 horas en promedio lo cual es una estimación admisible. Por otro lado, los resultados de la resistencia a la compresión al incorporar las piedras fotoluminiscentes fueron de 331.85±4.77 kg/cm<sup>2</sup> en base de las probetas patrón que fue de 330.31±6.96 kg/cm<sup>2</sup>. Pero según mi investigación, el resultado más óptimo fue de 211.31 kg/cm<sup>2</sup> en base a la resistencia proyectada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, porque el diseño de mi

investigación fue incorporado con pigmento, lo cual reduce considerablemente la resistencia

- e) De acuerdo a la investigación planteada por Ferrel y Moreano en el año 2019, llegó a una conclusión que los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las propiedades químicas y físicas de los agregados del sector de Pachachaca se encuentran en cualidades ideales para el empleo, que fueron evaluados a base de la norma técnica peruana. Pero según los ensayos concretados, de los agregados de Murillo del sector de Pachachaca para mi investigación cumplen con los parámetros de la norma. Pero también se debe tener en cuenta, que las propiedades mecánicas y químicas de los agregados, el diseño de mezcla, el procedimiento de elaboración de las muestras y el curado de las muestras son determinantes en los resultados finales de los ensayos.

Según la investigación planteada por Días en el año de 2022 tiene como propósito evaluar las propiedades mecánicas de los bloques de concreto, adicionando 15 % de vidrio triturado. Los resultados concretados en esta investigación demuestran que la resistencia máxima obtenida fue de 18.13 kg/cm<sup>2</sup>, la cual ha superado en 1.17 % al resultado máximo de la muestra patrón que es de 17.92 kg/cm<sup>2</sup>. Pero según mi proyecto de investigación, el mejor resultado fue con el porcentaje de peso de 10 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino, con lo cual se obtuvo una resistencia máxima de 240.19 kg/cm<sup>2</sup>, excediendo en 11.16 % a la resistencia máxima de la muestra de patrón que es de 216.08 kg/cm<sup>2</sup>. Tomando como base los resultados concretados en los estudios de la literatura anteriormente descritas, lo cual ha mostrado un aumento de 1.17 % con 15 % de incorporación de vidrio molido con respecto a su muestra patrón, se podría describir que el porcentaje de aumento de 11.16 % respecto a su muestra patrón fue un incremento considerable.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

**Primera:** En esta investigación se determinó que al incorporar el vidrio molido en diferentes porcentajes mejora las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión del concreto fosforescente, por lo que se puede demostrar que con la incorporación de 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fotoluminiscente superó en 0.62 % de resistencia a la compresión al concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Segunda:** Los resultados estiman que, al incorporar 30 g de pigmento fosforescente al concreto con 10 % de vidrio molido se llegó a una resistencia en promedio de  $211.31 \text{ kg/cm}^2$ , superado en promedio en 0.62 % a la resistencia a la compresión del concreto proyectado de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días.

**Tercera:** Al someter las probetas cilíndricas a los ensayos de resistencia a la compresión, los resultados demuestran que al incorporar 60 g de pigmento fosforescente al concreto con 20 % de vidrio molido se llegó a una resistencia en promedio de  $175.16 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual a disminuido en promedio en 16.59 % con respecto a la resistencia del concreto proyectado  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a la edad de 28 días.

**Cuarta:** Los resultados demuestran que al incorporar 90 g de pigmento fosforescente al concreto con 30 % de vidrio molido se llegó a una resistencia en promedio de  $150.68 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual a disminuido en promedio 28.25 % en comparación a la resistencia del concreto proyectado de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , a la edad de 28 días.

**Quinta:** Los resultados de los ensayos estiman que al incorporar 120 g de pigmento fosforescente al concreto con 100 % de vidrio molido se llegó a una resistencia en promedio de  $91.17 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual a disminuido en promedio en 56.59 % en comparación a la resistencia del concreto proyectado de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días.

**Sexta:** Los resultados demuestran que al incorporar el 10 % de vidrio molido al concreto convencional, llegó a una resistencia a compresión de 240.19 kg/cm<sup>2</sup> , al incorporar el 20 % de vidrio molido al concreto tradicional se llegó a una resistencia a compresión de 220.91 kg/cm<sup>2</sup> , al incorporar el 30 % de vidrio molido al concreto convencional se llegó a una resistencia a compresión de 217.15 kg/cm<sup>2</sup> y al incorporar el 100 % de vidrio molido al concreto convencional se llegó a una resistencia a compresión de 189.39 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

**Séptima:** Los resultados estiman que el pigmento fosforescente reduce la resistencia a la compresión del concreto mientras el vidrio molido incrementa la tonalidad del brillo de luminiscencia del concreto fosforescente. Por otro lado, para la estimación del tiempo de carga y descarga del concreto fosforescente, se plantearon en cinco tiempos diferentes, el concreto con 30 g de pigmento se descargó en 6:11 horas, seguidamente el concreto con 60 g de pigmento se descargó en 6:19 horas, seguidamente el concreto con 90 g de pigmento se descargó en 6:31 horas y finalmente el concreto con 120 g de pigmento se descargó en 6:47 horas, para un tiempo de carga de 5 horas, con dichos ensayos se demuestra que el tiempo de descarga es superior al tiempo de carga.

## 6.2 Recomendaciones

**Primera:** Puesto que el concreto supuesto no cumplió en absoluto con los parámetros de serviciabilidad, se recomienda para obtener mejores resultados de resistencia a la compresión del concreto fosforescente en base al concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , disminuir el porcentaje de vidrio molido como también el pigmento fosforescente puesto que el concreto con 30 g de pigmento y 10 % de vidrio molido solo superó en 0.62 % la resistencia del concreto convencional de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Segundo:** Se recomienda extender la investigación con porcentajes inferiores de 10 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino como también con proporciones mayores de 30 g de pigmento fosforescente, para obtener una variabilidad en la resistencia a la compresión en base al concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  puesto que la resistencia más óptimo que se obtuvo con el porcentaje de 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente, superando en 0.62 % a la resistencia proyectado.

**Tercera:** Se recomienda ampliar la investigación con proporciones mayores al 90 g de pigmento fosforescente y disminuir el porcentaje de vidrio molido como reemplazo agregado fino para obtener un balance más óptimo de resistencia a la compresión como también la tonalidad de brillo del concreto fosforescente puesto que con 120 g de pigmento fosforescente se logró una tonalidad de brillo más óptimo y con el 10 % de vidrio molido se logró un mejor resultado de  $240.19 \text{ kg/cm}^2$ .

**Cuarta:** Se recomienda a las universidades de la región de Apurímac, promover investigaciones para el uso de residuos sólidos, con el objetivo de reutilizar en los diferentes proyectos de investigación, para aportar en la educación ambiental sostenible en la región de Apurímac.

**Quinta:** Se recomienda al Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Apurímac, realizar estudios sobre el concreto fosforescente, incorporados con vidrio molido, cual se obtengan los resultados más óptimos, que estén dentro del parámetro de la norma, para implementar en la señalización de tránsito en la ciudad de Abancay.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENZA, J. 2019.** *Vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad climática.* Universidad Pública de Navarra, España : 2019.
- ARDILA, D. y RIVEROS, D. 2021.** *Estudio de la pérdida de luminiscencia de un concreto fosforescente fabricado con materiales reciclados. Tesis (Título de Ingeniero (a) Civil).* Universidad de La Salle, Bogotá : 2021.
- ARGIZ, C. y SANJUÁN, M. 2019.** *Cementos fotoluminiscentes.* Instituto español del cemento y sus aplicaciones (IECA), Madrid, España : 2019.
- BROWN, R. y MCCORMAC, J. 2017.** *Diseño de concreto reforzado.10a.ed.* México : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2017. 978-607-622-970-5.
- CANO, J. y CRUZ, C. 2017.** *Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón.* Universidad Libre Seccional Pereira, Colombia : 2017.
- CORTEZ, Elisa. 2017.** *Estudio de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo el agregado grueso con vidrio triturado tipo soda calcico.* Universidad Peruana los Andes, Huancayo : 2017.
- CUELLAR, L. 2018.** *Aspectos generales del uso del concreto.* Arequipa : s.n., 2018.
- DIARIO EL COMERCIO. 2021.** *En el Perú el 25% de las 260 mil toneladas de vidrio producidas contienen vidrio reciclado.* Consejo de la Prensa Peruana, Lima : 2021.
- DIAZ, A. 2022.** *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las bloquetas de concreto incorporando vidrio molido en Abancay- Apurímac - 2022.* Univesidad César Vallejo, Abancay : 2022.
- ESPINOSA, P. 2022.** *La responsabilidad extracontractual del estado en accidentes de tránsito causados por fallas en la señalización y mal estado de las vías.* Universidad Nacioanal de Chimborazo, Ecuador : 2022.
- FERREL, H. y MOREANO, E. 2019.** *Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca - Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil).* Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay : 2019.

- Fotoluminiscente.com. 2022.** *Pigmentos Fluorescentes y Fosforescentes*. Disponible en: <https://fotoluminiscente.com/inicio/62-pigmentos-fluorescentes-y-fosforescentes.html>, Valencia : 2022.
- FUSTAMANTE, C. 2022.** *Influencia del nivel socioeconómico en la generación de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Chota, 2021*. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Cajamarca : 2022.
- HARMSSEN, T. 2017.** *Diseño de estructuras de concreto armado.5a.ed.* Lima : Fondo Editorial, 2017. 978-612-317-297-8.
- HERNÁNDEZ, E. y ROJAS, J. 2021.** *Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia : 2021.
- HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C. 2018.** *Metodología de la investigación.2a.ed.* México : Mcgraw-Hill, 2018. 9781456260965.
- INOCENTE, Á. 2020.** *Diseño de asfalto con adición de piedras fotoluminiscentes para el aumento de la visibilidad en vías, Lima, 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil)*. Universidad César Vallejo, Lima : 2020.
- LÓPEZ, D. 2022.** *Desarrollo de un recubrimiento lumínico como sustituyente de una pintura antirreflejante*. Universidad Autónoma de Querétaro, México : 2022.
- MEDINA, J y MORENO, J. 2018.** *Influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo - 2018*. Universidad Privada del Norte, Trujillo : 2018.
- MEDINA, J. y AZAÑEDO, W. 2018.** *Influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo-2018. Tesis (Título de Ingeniero (a) Civil)*. Universidad Privada del Norte, Trujillo : 2018.
- MORALES, L. 2017.** *El vidrio en la edificación. Propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España : 2017.
- NTP 400.037. 2018.** *R.D. N° 002-2018-INACAL/DN. (NTP 400.037)*. LIMA : s.n., 2018.
- ORTEGA, J. 2016.** *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima ,Perú : Macro EIRL, 2016. 978-612-304-217-2.
- PARKER, H. y AMBROSE, J. 2017.** *Diseño simplificado de concreto reforzado.3a.ed.* México : Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, 2017. 978-968-18-5190-3.

- PINZÓN, S. 2022.** *Concreto modificado con vidrio molido reciclado.* Corporación Universitaria Minuto de Dios, Girardot : 2022.
- PORRERO, J. y RAMOS, C. 2017.** *Manual del concreto estructural.3a.ed.* Caracas, Venezuela : Minipres, C.A., 2017. 980-6403-66-5.
- RÁZURI, D y LEÓN, D. 2020.** *Resistencia a la compresión de un concreto agregando vidrio reciclado finamente molido.* Universidad César Vallejo, Trujillo : 2020.
- RIMAC, E. 2022.** *Incorporación de vidrio molido para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> Comas, Lima 2022.* Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú : 2022.
- RIVAS, J. y ALTAMIRANO, S. 2023.** *Influencia de la adición de fibra de acero y vidrio molido en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido de los jirones Abancay y Santa Teresa, Andahuaylas, 2022.* Univesidad Continental, Andahuaylas : 2023.
- SALAZAR, C. y DEL CASTILLO, S. 2018.** *Fundamentos básicos de estadística.* Quito, Ecuador : Del Castillo Galarza, Raúl Santiago, 2018. 9789942306166.
- SANTOS, M. 2021.** *Uso de materiales reciclables en la elaboaración de un concreto hidráulico.* Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá : 2021.
- SEGURA, A. y SIGUENZA, R. 2021.** *Efectos del vidrio reciclado en el diseño del concreto.* Universidad Cesar Vallejo, Perú : 2021.
- WALHOFF, G. 2017.** *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca - 2016. Tesis (Título de ingeniero Civil).* Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz : 2017.

## ANEXOS

**Anexo 1: Matriz de consistencia y diseño de mezclas**

**Tabla 56 — Matriz de consistencia**

<b>Título:</b> Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023					
Enunciados de problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e dimensiones	Metodología	Técnicas e instrumentos
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> al incorporar vidrio molido en diferentes porcentajes?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>1) ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente?</p> <p>2) ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> al incorporar vidrio molido en diferentes porcentajes.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>1) Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente.</p> <p>2) Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El vidrio molido, influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto fosforescente <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> al incorporar en diferentes porcentajes.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>1) La resistencia a la compresión incorporado con 10 % de vidrio molido y 30 g de pigmento fosforescente es superior a la resistencia a compresión del concreto patrón.</p> <p>2) La resistencia a la compresión incorporado con 20 % de vidrio molido y 60 g de pigmento fosforescente es inferior a la resistencia a compresión del concreto patrón.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>- Vidrio molido</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p>- 10 % de vidrio molido</p> <p>- 20 % de vidrio molido</p> <p>- 30 % de vidrio molido</p> <p>- 100 % de vidrio molido</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>La presente investigación es de tipo aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>La presente investigación es de nivel explicativa.</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>El diseño de esta investigación es cuasiexperimental.</p> <p><b>Población</b></p> <p>Está establecida a base de muestras de concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>, los cuales</p>	<p><b>Técnicas</b></p> <p>- observación directa</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>El instrumento que se utilizó en esta investigación fue la guía de observación en base a formatos establecidos.</p>

<p>3) ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente?</p> <p>4) ¿Cuál es el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente?</p> <p>5) ¿Cuál es el comportamiento del concreto al incorporar el 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino?</p> <p>6) ¿Cuál es el comportamiento del pigmento fosforescente y vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de carga y descarga?</p>	<p>3) Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente.</p> <p>4) Evaluar el comportamiento de resistencia a la compresión del concreto al incorporar el 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente.</p> <p>5) Evaluar el comportamiento del concreto al incorporar el 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como reemplazo de agregado fino.</p> <p>6) Evaluar el comportamiento del pigmento fosforescente y vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de carga y descarga.</p>	<p>3) La resistencia a la compresión incorporado con 30 % de vidrio molido y 90 g de pigmento fosforescente es inferior a la resistencia a compresión del concreto patrón.</p> <p>4) La resistencia a la compresión incorporado con 100 % de vidrio molido y 120 g de pigmento fosforescente es inferior a la resistencia a compresión del concreto patrón.</p> <p>5) El vidrio molido en las proporciones de 10 %, 20 %, 30 % y 100 %, mejora la resistencia a la compresión del concreto convencional.</p> <p>6) El vidrio molido y pigmento fosforescente, influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto, así mismo el tiempo de descarga es mayor al tiempo de carga, del concreto fosforescente.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia a la compresión del concreto fosforescente.</li> </ul> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 g de pigmento fosforescente</li> <li>- 60 g de pigmento fosforescente</li> <li>- 90 g de pigmento fosforescente</li> <li>- 120 g de pigmento fosforescente</li> <li>- Resistencia a la compresión</li> <li>- Luminiscencia</li> </ul>	<p>están conformado por probetas cilíndricas incorporados con vidrio molido y pigmento fosforescente en diferentes proporciones.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Está conformado por 81 probetas cilíndricas de mezcla de concreto incorporados con vidrio molido y pigmento fosforescente en diferentes proporciones y en referencia a la NTP 339.183.</p>	
--	--	---	--	--	--

### Diseño de mezcla con 10 % de vidrio molido

**Tabla 57 — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 10 % de vidrio molido**

Cantidad de materiales y proporciones con 10 % de vidrio molido como agregado fino				
Materiales	Cantidad en peso por m <sup>3</sup>	Proporción en volumen por bolsa	Proporción en volumen por m <sup>3</sup>	Proporción en peso por probeta
Cemento	367.12 kg	1.00 bls	8.638 bls	0.632 kg
Agr. fino	752.23 kg	2.14 pie <sup>3</sup>	0.522 m <sup>3</sup>	1.294 kg
Agr. grueso	871.68 kg	2.60 pie <sup>3</sup>	0.636 m <sup>3</sup>	1.500 kg
Agua	227.65 kg	26.35 kg	0.228 m <sup>3</sup>	0.392 kg
Vidrio molido	83.58 kg	0.24 pie <sup>3</sup>	0.058 m <sup>3</sup>	0.144 kg

En la tabla 57 se describe la cantidad de proporción de materiales del diseño de mezclas en base al método de comité ACI 211, con una proporción de 10 % de vidrio molido como reemplazo parcial de agregado fino.

### Diseño de mezcla con 20 % de vidrio molido

**Tabla 58 — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 20 % de vidrio molido**

Cantidad de materiales y proporciones con 20 % de vidrio molido como agregado fino				
Materiales	Cantidad en peso por m <sup>3</sup>	Proporción en volumen por bolsa	Proporción en volumen por m <sup>3</sup>	Proporción en peso por probeta
Cemento	367.12 kg	1.00 bls	8.638 bls	0.632 kg
Agr. fino	668.65 kg	1.90 pie <sup>3</sup>	0.464 m <sup>3</sup>	1.151 kg
Agr. grueso	871.20 kg	1.91 pie <sup>3</sup>	0.468 m <sup>3</sup>	1.499 kg
Agua	226.50 kg	26.22 kg	0.226 m <sup>3</sup>	0.390 kg
Vidrio molido	167.16 kg	0.47 pie <sup>3</sup>	0.116 m <sup>3</sup>	0.288 kg

En la tabla 58 se percibe la cantidad de proporciones de materiales del diseño de mezclas en función al método de comité ACI 211, con una cantidad de 20 % de vidrio molido como reemplazo parcial de agregado fino.

### Diseño de mezcla con 30 % de vidrio molido

**Tabla 59 — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 30 % de vidrio molido**

Cantidad de materiales y proporciones con 30 % de vidrio molido como agregado fino				
Materiales	Cantidad en peso por m <sup>3</sup>	Proporción en volumen por bolsa	Proporción en volumen por m <sup>3</sup>	Proporción en peso por probeta
Cemento	367.12 kg	1.00 bls	8.638 bls	0.632 kg
Agr. fino	585.07 kg	1.66 pie <sup>3</sup>	0.406 m <sup>3</sup>	1.007 kg
Agr. grueso	871.20 kg	1.91 pie <sup>3</sup>	0.468 m <sup>3</sup>	1.499 kg
Agua	226.50 kg	26.22 kg	0.226 m <sup>3</sup>	0.390 kg
Vidrio molido	250.74 kg	0.71 pie <sup>3</sup>	0.174 m <sup>3</sup>	0.431 kg

En la tabla 59 se describe las cantidades de proporciones de materiales del diseño de mezclas conforme al método de comité ACI 211, con una proporción de 30 % de vidrio molido como reemplazo parcial de agregado fino.

### Diseño de mezcla con 100 % de vidrio molido

**Tabla 60 — Resumen de diseño de mezcla con la proporción de 100 % de vidrio molido**

Cantidad de materiales y proporciones con 100 % de vidrio molido como agregado fino				
Materiales	Cantidad en peso por m <sup>3</sup>	Proporción en volumen por bolsa	Proporción en volumen por m <sup>3</sup>	Proporción en peso por probeta
Cemento	367.12 kg	1.00 bls	8.638 bls	0.632 kg
Agr. fino	0.00 kg	0.00 pie <sup>3</sup>	0.000 m <sup>3</sup>	0.000 kg
Agr. grueso	871.20 kg	1.91 pie <sup>3</sup>	0.468 m <sup>3</sup>	1.499 kg
Agua	226.50 kg	26.22 kg	0.226 m <sup>3</sup>	0.390 kg
Vidrio molido	835.81 kg	2.37 pie <sup>3</sup>	0.580 m <sup>3</sup>	1.438 kg

En la tabla 60 se percibe las cantidades de proporciones de materiales del diseño de mezclas de acuerdo al método de comité ACI 211, con una proporción de 100 % de vidrio molido como reemplazo parcial de agregado fino.

### Diseño de mezcla con pigmento fosforescente y vidrio molido

**Tabla 61 — Resumen de diseño de mezcla con proporciones de vidrio molido y pigmento fosforescente**

Cantidad proporciones con vidrio molido como agregado fino y pigmento fosforescente					
Materiales	Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	10 % vm y 30 g de pigmento fosforescente	20 % vm y 60 g de pigmento fosforescente	30 % vm y 90 g de pigmento fosforescente	100 % vm y 120 g de pigmento fosforescente
Cemento	0.632 kg	0.632 kg	0.632 kg	0.632 kg	0.632 kg
Agr. fino	1.438 kg	1.294 kg	1.151 kg	1.007 kg	0.000 kg
Agr. grueso	1.500 kg	1.500 kg	1.499 kg	1.499 kg	1.499 kg
Agua	0.392 kg	0.392 kg	0.390 kg	0.390 kg	0.390 kg
Vidrio molido	0.000 kg	0.144 kg	0.288 kg	0.431 kg	1.438 kg
Pigmento fosf.		0.030 kg	0.060 kg	0.090 kg	0.120 kg

En la tabla 61 se muestra las cantidades de proporciones de los materiales del diseño de mezclas en base al método de ACI 211, incorporando los porcentajes de 10 %, 20 %, 30 % y 100 % de vidrio molido como sustituto de agregado fino y con las proporciones de pigmento fosforescente de 30 g, 60 g, 90 g y 120 g.

### Diseño de mezcla de concreto convencional de f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 62 — Resumen de diseño de mezcla de concreto convencional de f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

Cantidad de los materiales y proporciones				
Materiales	Cantidad en peso por m <sup>3</sup>	Proporción en volumen por bolsa	Proporción en volumen por m <sup>3</sup>	Proporción en peso por probeta
Cemento	367.12 kg	1.00 bls	8.64 bls	0.632 kg
Agr. fino	835.81 kg	2.37 pie <sup>3</sup>	0.58 m <sup>3</sup>	1.438 kg
Agr. grueso	871.68 kg	2.60 pie <sup>3</sup>	0.64 m <sup>3</sup>	1.500 kg
Agua	227.65 kg	26.35 kg	0.23 kg	0.392 kg

En la tabla 62 se describe la cantidad de proporciones de materiales del diseño de mezclas en base al método de ACI 211, del concreto convencional de f'c = 210/cm<sup>2</sup>.

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

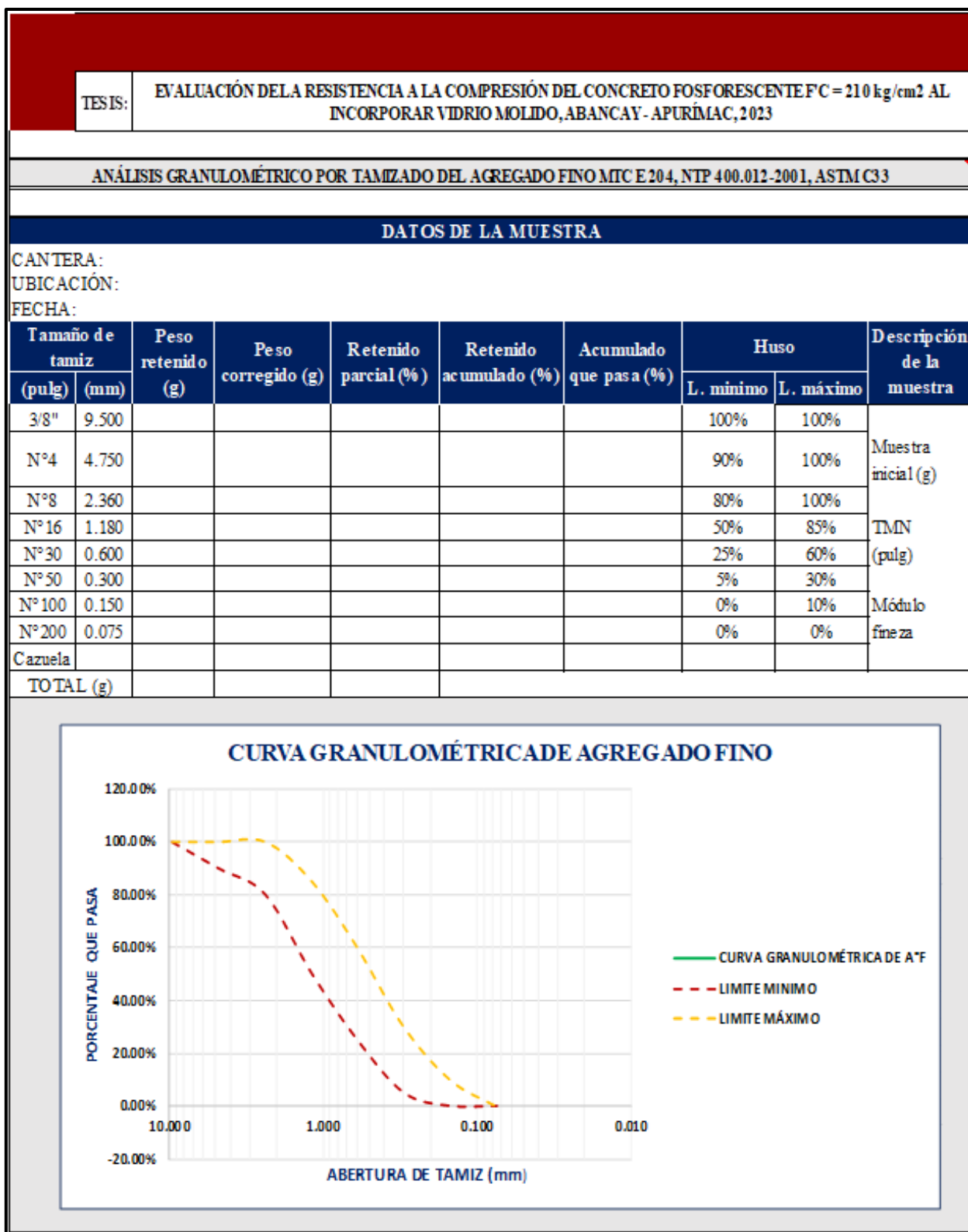


Figura 26— Guía de observación N° 01: Análisis granulométrico de agregado fino (MTC E 204)

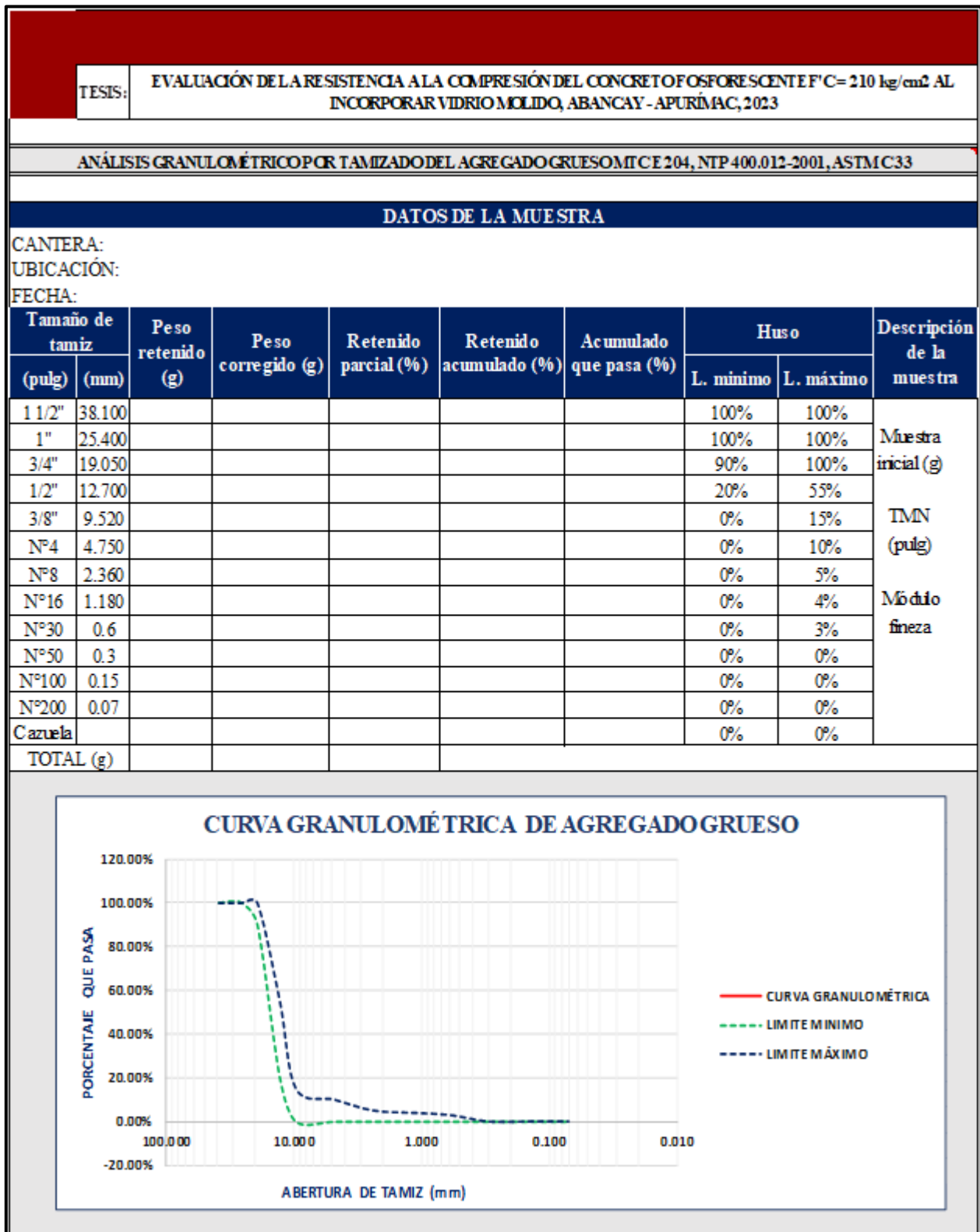


Figura 27 — Guía de observación N° 02: Análisis granulométrico de agregado grueso (MTC E 204)

<b>TESIS:</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F' C = 210 kg/cm<sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS MTC E 215, NTP 339.185, ASTM C 566</b>				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
CANTERA:				
UBICACIÓN:				
FECHA:				
<b>AGREGADO FINO</b>				
	<b>DATOS DEL ENSAYO</b>	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
	Peso original de la muestra húmeda + recipiente (g)			
	Peso de la muestra seca + recipiente (g)			
	Peso de agua (g)			
	Peso de recipiente (g)			
	Peso de la muestra seca (g)			
	Humedad (%)			
	Promedio (%)			
<b>AGREGADO GRUESO</b>				
	<b>DATOS DEL ENSAYO</b>	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
	Peso original de la muestra húmeda + recipiente (g)			
	Peso de la muestra seca + recipiente (g)			
	Peso de agua (g)			
	Peso de recipiente (g)			
	Peso de la muestra seca (g)			
	Humedad (%)			
	Promedio (%)			

Figura 28 — Guía de observación N° 03: Contenido de humedad de agregado (MTC E 215)

TESIS:	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F C= 210 kg/cm <sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023		
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C 29			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
CANTERA:			
UBICACIÓN:			
FECHA:			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso de molde (g)			
Peso de molde + muestra suelta (g)			
Peso neto de la muestra (g)			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )			
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )			
Promedio de peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Número de capas	3	3	
Número de golpes	25	25	25
Peso de molde (g)			
Peso de molde + muestra compactado (g)			
Peso neto de la muestra (g)			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )			
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )			
Promedio de peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )			

Figura 29 — Guía de observación N° 04: Peso unitario del agregado fino (MTC E 203)

TESIS:	EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F C= 210 kg/cm <sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023		
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C 29			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
CANTERA:			
UBICACIÓN:			
FECHA:			
<b>AGREGADO GRUESO</b>		<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso del molde (g)			
Peso del molde + muestra suelta (g)			
Peso neto de la muestra (g)			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )			
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )			
Promedio de peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )			
<b>AGREGADO GRUESO</b>		<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Número de capas	3	3	
Número de golpes	25	25	
Peso del molde (g)			
Peso del molde + material (g)			
Peso neto de la muestra (g)			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )			
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )			
Promedio de peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )			

Figura 30 — Guía de observación N° 05: Peso unitario del agregado grueso (MTC E 203)

TESIS: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F C= 210 kg/cm <sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023			
GRAVEDAD ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO MTC E 205, NTP 400.022, ASTM C 128			
DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA:			
UBICACIÓN:			
FECHA:			
AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Volumen del picnómetro (ml)			
Peso del picnómetro (g)			
Peso del picnómetro + agua (g)			
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)			
Peso de picnómetro + agua +			
Peso de la muestra seca (g)			
Peso de la muestra sumergida (g)			
Peso del agua desplazada (g)			
Peso de la agua absorbida (g)			
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )			
Capacidad de absorción (%)			
Peso específico promedio (g/cm <sup>3</sup> )			
Capacidad de absorción promedio (%)			

Figura 31 — Guía de observación N° 06: Gravedad específico y absorción del agregado fino (MTC E 205)

<b>TESIS: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F C= 210 kg/cm<sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023</b>			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206, NTP 400 021, ASTM C 127</b>			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
CANTERA: UBICACIÓN: FECHA:			
<b>AGREGADO GRUESO</b>			
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso de la canastilla sumergida (g)			
Peso de la muestra seca (g)			
Peso de canastilla + muestra sumergida (g)			
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)			
Peso de agua absorbida (g)			
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )			
Capacidad de absorción (%)			
Peso específico promedio (g/cm <sup>3</sup> )			
Capacidad de absorción promedio (%)			

Figura 32 — Guía de observación N° 07: Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206)





TESIS: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>											
N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		E dad	Diámetro (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
			Moldeo	Rotura		Días	d1				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											

Figura 35 — Guía de observación N° 10: Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades

Anexo 3: Resultados

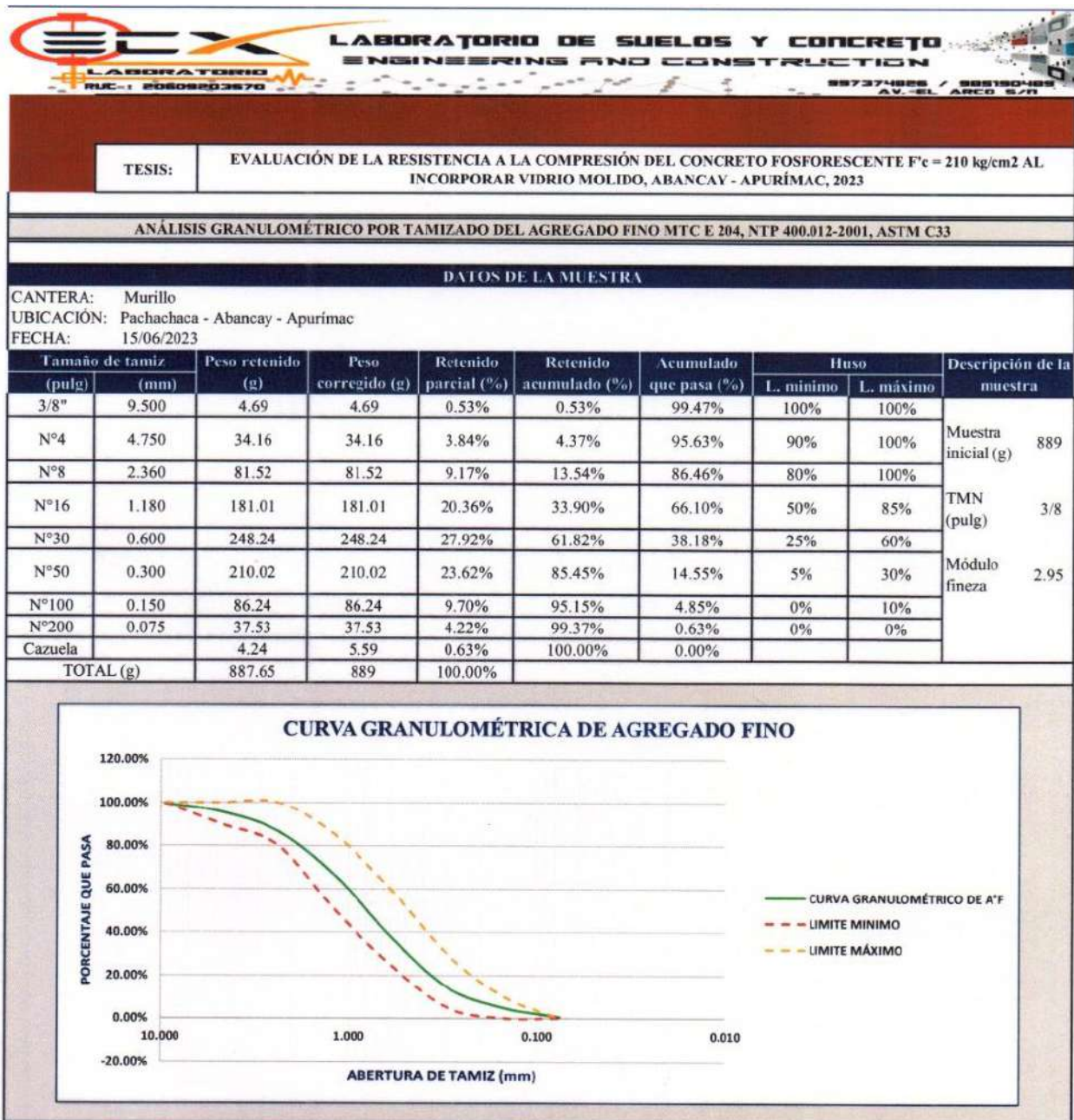


Figura 36 — Resultado de análisis granulométrico de agregado fino

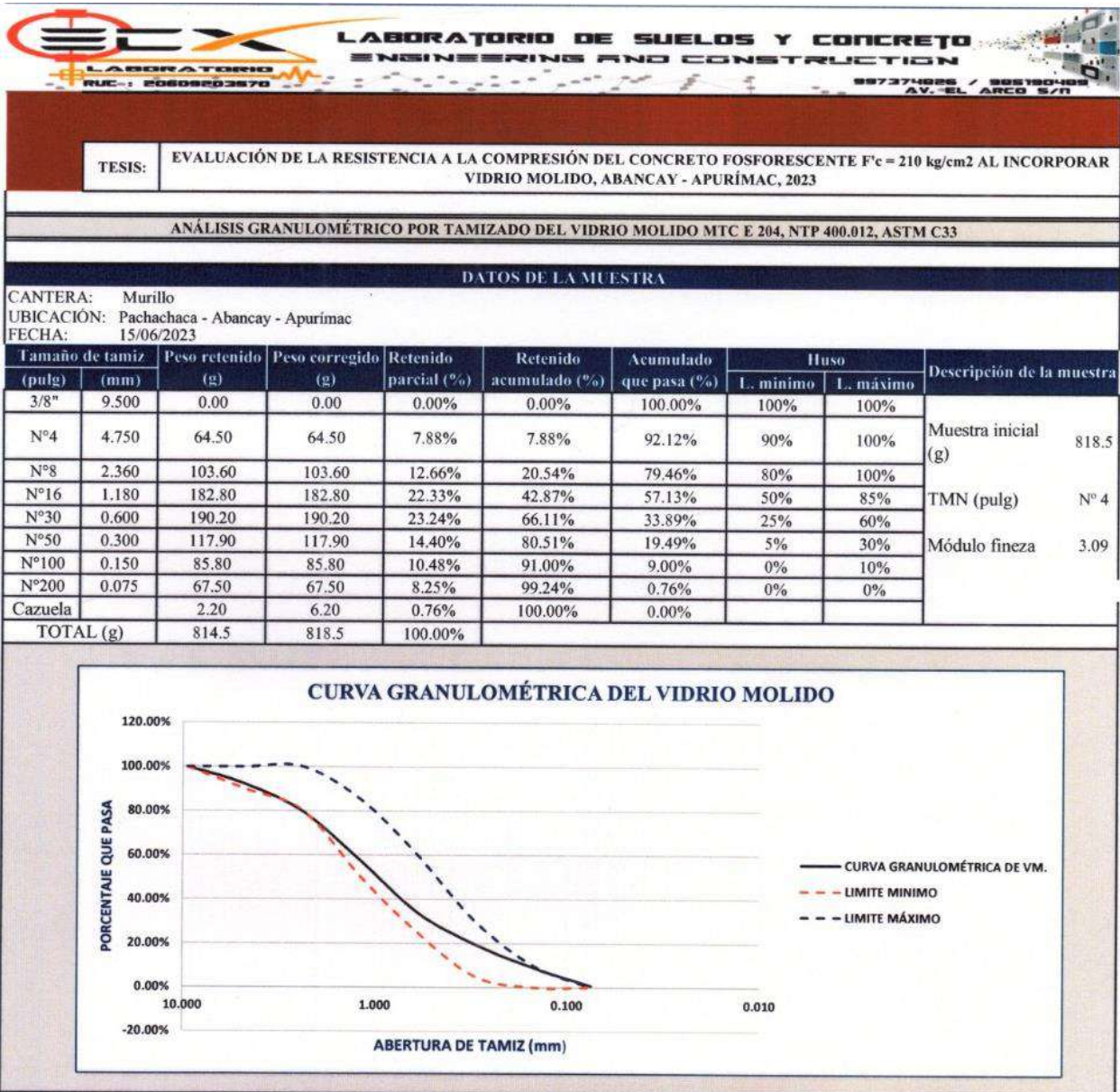


Figura 37 — Resultados del análisis granulométrico de vidrio reciclado finalmente molido

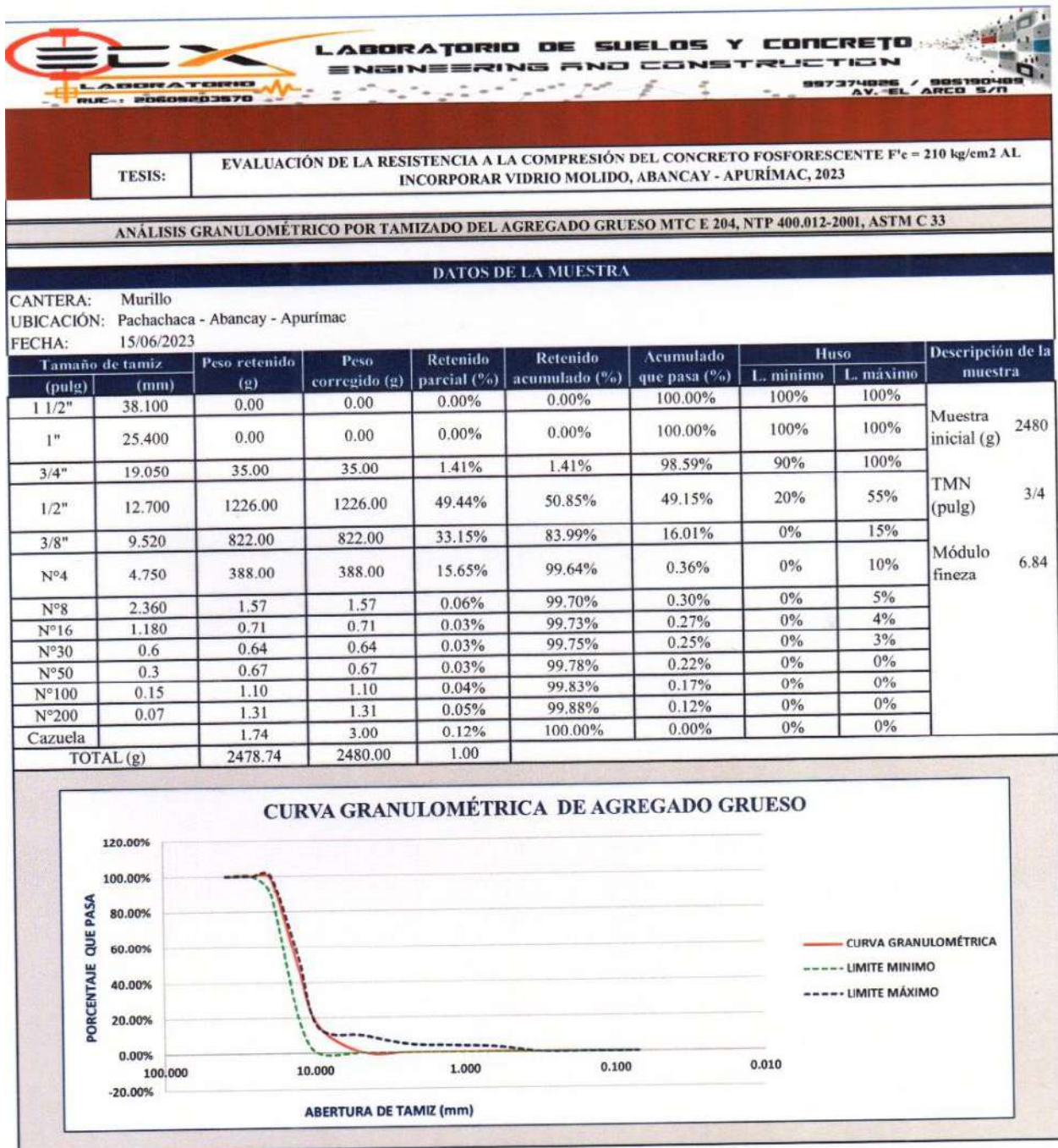


Figura 38 — Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso


 <b>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO</b> <b>ENGINEERING AND CONSTRUCTION</b> <small>RUC: 20609203670</small>				
<b>TESIS:</b>		EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS MTC E 215, NTP 339.185, ASTM C 29				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
CANTERA: Murillo				
UBICACIÓN: Pachachaca - Abancay - Apurímac				
FECHA: 16/06/2023				
<b>AGREGADO FINO</b>				
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>		Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso original de la muestra húmeda + recipiente (g)		624.85	665.15	751.88
Peso de la muestra seca + recipiente (g)		623.75	663.85	750.68
Peso de agua (g)		1.10	1.30	1.20
Peso de recipiente (g)		44.80	44.80	44.80
Peso de la muestra seca (g)		578.95	619.05	705.88
Humedad (%)		0.19	0.21	0.17
Promedio (%)		0.19		
<b>AGREGADO GRUESO</b>				
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>		Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso original de la muestra húmeda + recipiente (g)		3154.40	3521.30	3350.80
Peso de la muestra seca + recipiente (g)		3151.90	3519.80	3348.20
Peso de agua (g)		2.50	1.50	2.60
Peso de recipiente (g)		104.20	104.20	104.20
Peso de la muestra seca (g)		3047.70	3415.60	3244.00
Humedad (%)		0.08	0.04	0.08
Promedio (%)		0.07		



Figura 39 — Resultados de contenido humedad de los agregados

TESIS:		EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023		
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO MTC E 203, NTP 400.017, ASTM C 29				
DATOS DE LA MUESTRA				
CANTERA: Murillo				
UBICACIÓN: Pachachaca - Abancay - Apurímac				
FECHA: 16/06/2023				
AGREGADO FINO		PESO UNITARIO SUELTO		
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03	
Peso de molde (g)	4800	4800		
Peso de molde + muestra suelta (g)	18965	18973		
Peso neto de la muestra (g)	14165	14173		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	9838.95	9838.95		
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1439.69	1440.50		
Promedio de peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1440			
AGREGADO FINO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03	
Número de capas	3	3		
Número de golpes	25	25		
Peso de molde (g)	4800	4800		
Peso de molde + muestra compactado (g)	19790	19722		
Peso neto de la muestra (g)	14990	14922		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	9838.95	9838.95		
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1523.54	1516.63		
Promedio de peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1520			



Figura 40 — Resultados del peso unitario del agregado fino


 <b>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO</b> <b>ENGINEERING AND CONSTRUCTION</b> <small>LABORATORIO RUC: 20609203870 997374026 / 995190409 AV. EL ARCO 5/II</small>			
<b>TESIS:</b>		EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023	
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO MTC E 203, NTP 400.021, ASTM C 29			
DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA: Murillo			
UBICACIÓN: Pachachaca - Abancay - Apurímac			
FECHA: 17/06/2023			
AGREGADO GRUESO		PESO UNITARIO SUELTO	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso del molde (g)	4800	4800	
Peso del molde + muestra suelta (g)	18395	18160	
Peso neto de la muestra (g)	13595	13360	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	9838.95	9838.95	
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	1381.75	1357.87	
Promedio de peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1370		
AGREGADO GRUESO		PESO UNITARIO COMPACTADO	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Número de capas	3	3	
Número de golpes	25	25	
Peso del molde (g)	4800	4800	
Peso del molde + material (g)	18942	18990	
Peso neto de la muestra (g)	14142	14190	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	9838.95	9838.95	
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1437.35	1442.23	
Promedio de peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1440		



Figura 41 — Resultados del peso unitario del agregado grueso



 <b>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO</b> <b>ENGINEERING AND CONSTRUCTION</b> <small>LABORATORIO RUC: 20609203870 997374026 / 995180409 AV. EL ARCO 5/11</small>			
TESIS:		EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAI - APURÍMAC, 2023	
GRAVEDAD ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO MTC E 205, NTP 400.022, ASTM C 29			
DATOS DE LA MUESTRA			
CANTERA: Murillo			
UBICACIÓN: Pachachaca - Abancai - Apurímac			
FECHA: 17/06/2023			
AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Volumen del picnómetro (ml)	500	500	
Peso del picnómetro (g)	170	170	
Peso del picnómetro + agua (g)	665.3	665.3	
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.4	431.2	
Peso de picnómetro + agua + muestra (g)	977.2	907.4	
Peso de la muestra seca (g)	490.4	420.3	
Peso de la muestra sumergida (g)	311.9	242.1	
Peso del agua desplazada (g)	178.5	178.2	
Peso de la agua absorbida (g)	10	10.9	
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.75	2.36	
Capacidad de absorción (%)	2.04	2.59	
Peso específico promedio (g/cm <sup>3</sup> )		2.55	
Capacidad de absorción promedio (%)		2.32	



Figura 42 — Resultados de gravedad específico y absorción del agregado fino

 <b>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO</b> <b>ENGINEERING AND CONSTRUCTION</b> <small>RUC: 20609203870</small>			
<b>TESIS:</b>		EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023	
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206, NTP 400 021, ASTM C 128</b>			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
CANTERA: Murillo			
UBICACIÓN: Pachachaca - Abancay - Apurímac			
FECHA: 17/06/2023			
		AGREGADO GRUESO	
DATOS DEL ENSAYO	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03
Peso de la canastilla sumergida (g)	725.4	724.2	
Peso de la muestra seca (g)	2230.2	2225.2	
Peso de canastilla + muestra sumergida (g)	2149.6	2149.6	
Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	2245.1	2238.3	
Peso de agua absorbida (g)	14.9	13.1	
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.72	2.74	
Capacidad de absorción (%)	0.67	0.59	
Peso específico promedio (g/cm <sup>3</sup> )	2.73		
Capacidad de absorción promedio (%)	0.63		



**Figura 43 — Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso**

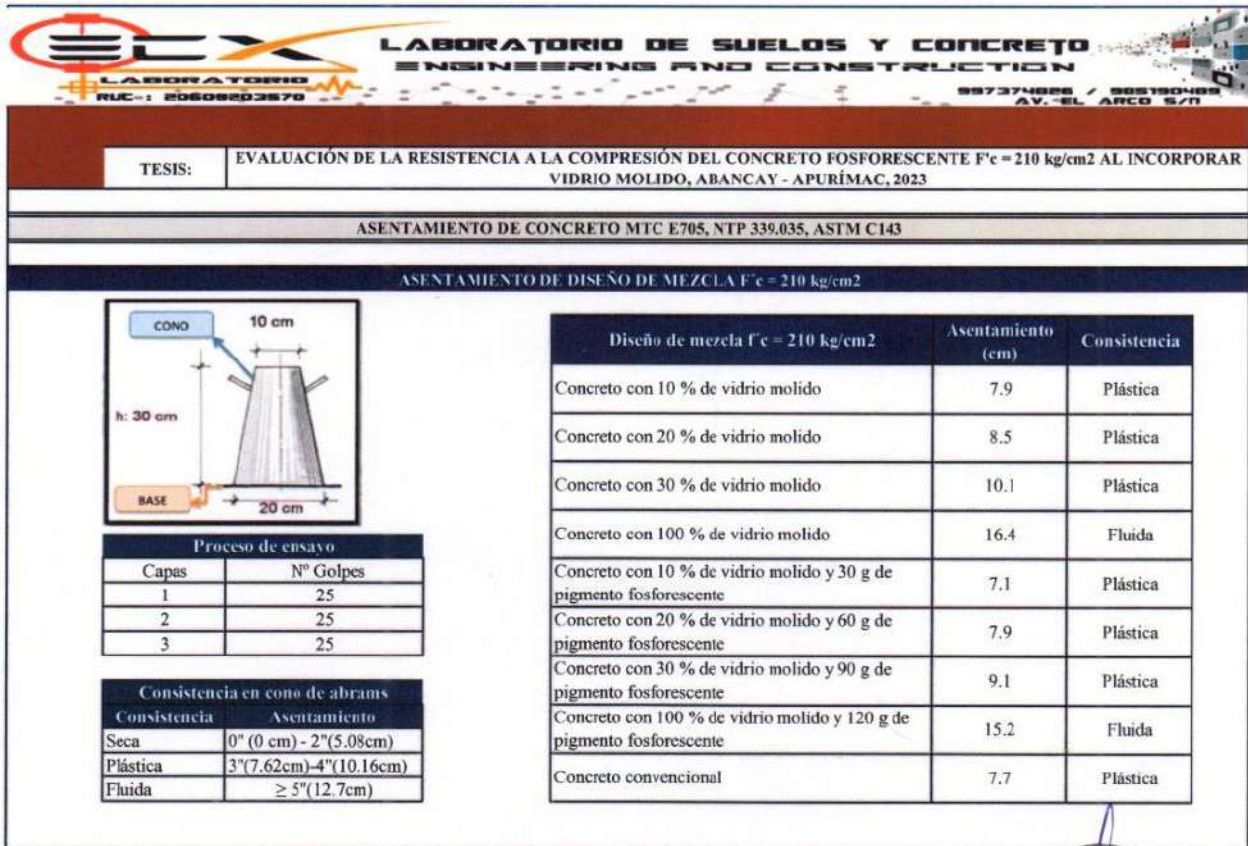


Figura 44 — Resultados del asentamiento del diseño de mezcla

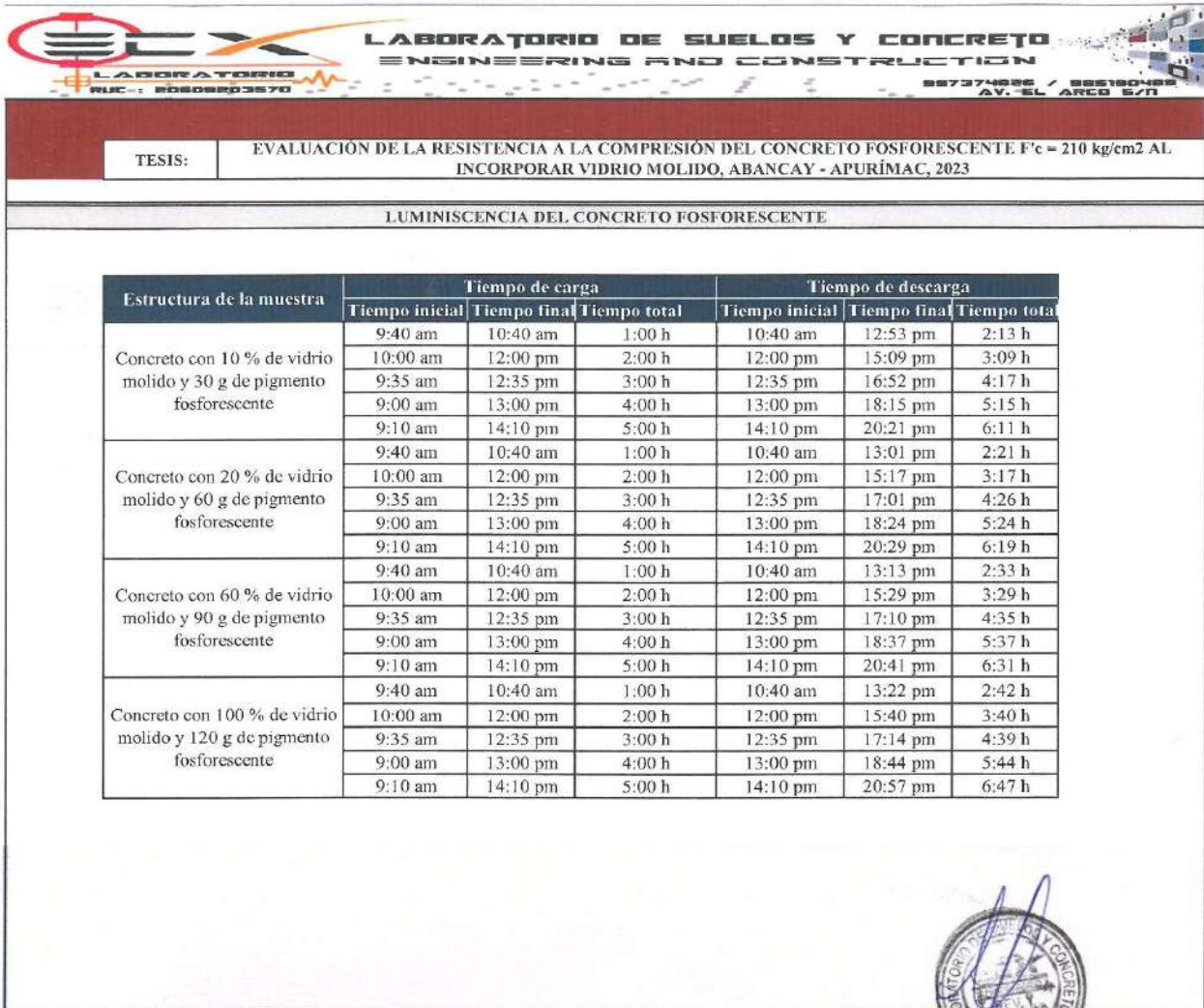



Figura 45 — Resultados de ensayos de luminiscencia del concreto fosforescente

											
TESIS:		EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO A DIFERENTES EDADES											
DISEÑO DE CONCRETO $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$											
N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		Edad	Diámetro (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
			Moldeo	Rotura		Días	d1				
1	P-1	Concreto convencional	20-feb-23	27-feb-23	7	10.19	10.06	80.516	10450	129.789	137.568
2	P-2		21-feb-23	27-feb-23	7	10.03	10.30	81.153	12340	152.058	
3	P-3		22-feb-23	27-feb-23	7	10.18	10.16	81.233	10630	130.858	
4	P-4	Concreto convencional	20-feb-23	06-mar-23	14	10.011	10.231	80.452	14890	185.079	178.873
5	P-5		20-feb-23	06-mar-23	14	10.002	10.010	78.634	13210	167.993	
6	P-6		20-feb-23	06-mar-23	14	10.086	10.000	79.217	14540	183.547	
7	P-7	Concreto convencional	20-feb-23	20-mar-23	28	10.08	10.051	79.572	17120	215.151	216.081
8	P-8		20-feb-23	20-mar-23	28	10.166	10.104	80.675	17690	219.276	
9	P-9		20-feb-23	20-mar-23	28	10.01	10.012	78.713	16830	213.816	



**Figura 46 — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional a edades de 7 días, 14 días y 28 días**



**Figura 47 — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido como agregado fino a edad de 7 días**



<b>TESIS:</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023</b>
---------------	--

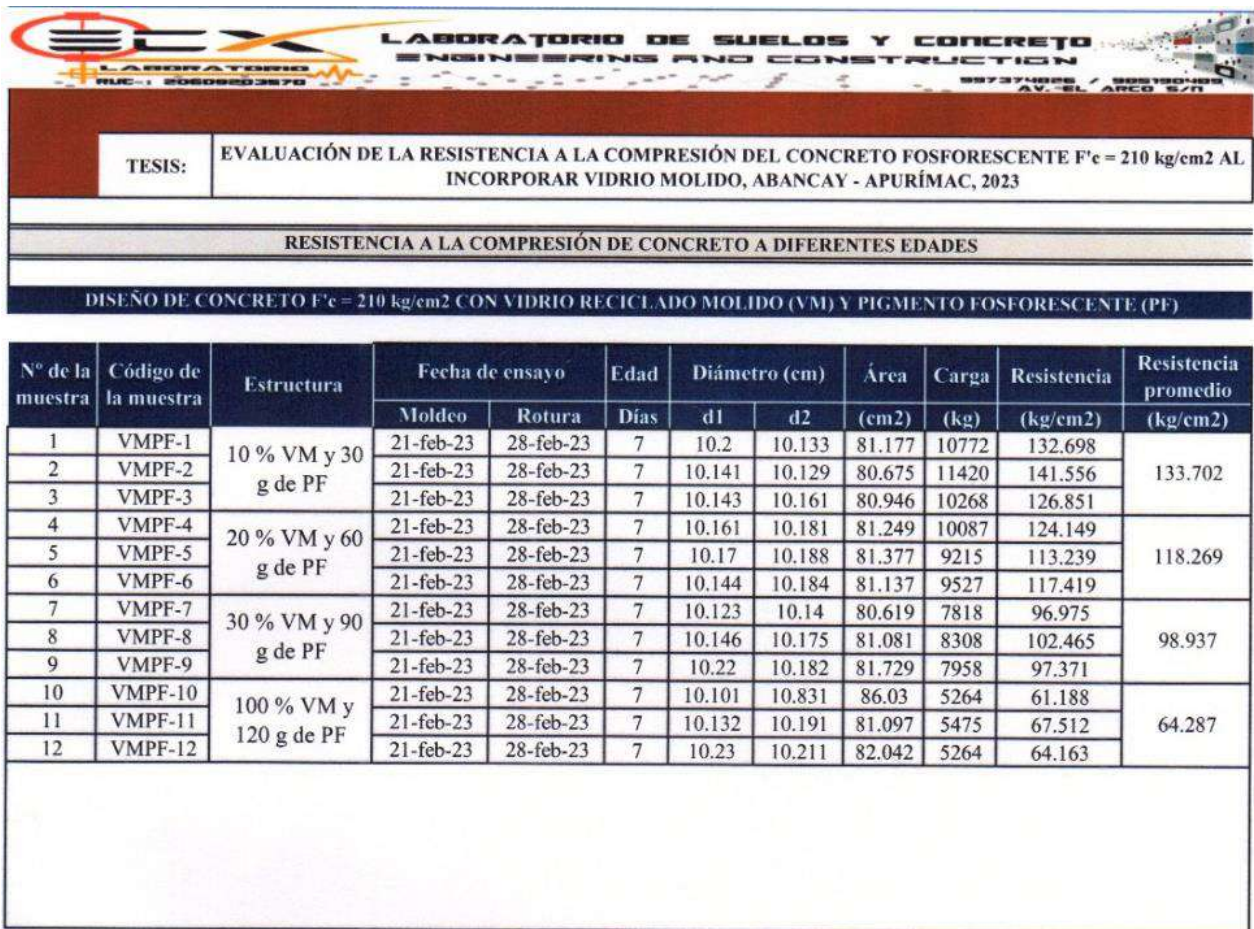
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO A DIFERENTES EDADES**

**DISEÑO DE CONCRETO F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> INCORPORADO CON VIDRIO MOLIDO (VM)**

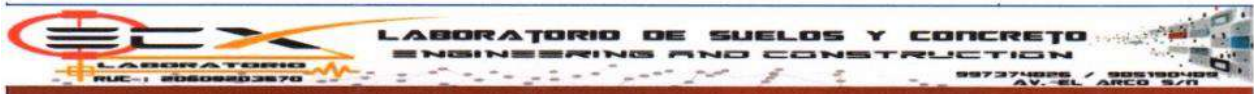
N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		Edad	Diámetro (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
			Moldeo	Rotura		Días	d1				
13	VM-1	Concreto con 10 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	14	10.121	10.223	81.265	12310	151.480	173.017
14	VM-2		21-feb-23	28-feb-23	14	10.128	10.202	81.153	15040	185.329	
15	VM-3		21-feb-23	28-feb-23	14	10.058	10.231	80.826	14730	182.243	
16	VM-4	Concreto con 20 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	14	10.178	10.102	80.754	12160	150.580	172.939
17	VM-5		21-feb-23	28-feb-23	14	10.100	10.148	80.50	15960	198.262	
18	VM-6		21-feb-23	28-feb-23	14	10.105	10.163	80.659	13710	169.975	
19	VM-7	Concreto con 30 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	14	10.08	10.200	80.754	14250	176.461	171.009
20	VM-8		21-feb-23	28-feb-23	14	10.073	10.178	80.524	14260	177.091	
21	VM-9		21-feb-23	28-feb-23	14	10.088	10.154	80.452	12830	159.474	
22	VM-10	Concreto con 100 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	14	10.108	10.107	80.237	13600	169.497	168.569
23	VM-11		21-feb-23	28-feb-23	14	10.066	10.181	80.492	13460	167.222	
24	VM-12		21-feb-23	28-feb-23	14	10.036	10.000	78.823	13320	168.987	
25	VM-1	Concreto con 10 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	28	10.102	10.188	80.834	18800	232.575	240.185
26	VM-2		21-feb-23	28-feb-23	28	10.123	10.211	81.185	20800	256.205	
27	VM-3		21-feb-23	28-feb-23	28	10.112	10.186	80.898	18750	231.774	
28	VM-4	Concreto con 20 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	28	10.1	10.13	80.357	17620	219.273	220.911
29	VM-5		21-feb-23	28-feb-23	28	10.08	10.162	80.452	17970	223.363	
30	VM-6		21-feb-23	28-feb-23	28	10.106	10.206	81.009	17830	220.098	
31	VM-7	Concreto con 30 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	28	10.09	10.196	80.802	16760	207.420	217.154
32	VM-8		21-feb-23	28-feb-23	28	10.08	10.13	80.198	17400	216.964	
33	VM-9		21-feb-23	28-feb-23	28	10.094	10.132	80.325	18240	227.078	
34	VM-10	Concreto con 100 % de VM	21-feb-23	28-feb-23	28	10.095	10.19	80.794	16140	199.767	189.387
35	VM-11		21-feb-23	28-feb-23	28	10.084	10.16	80.468	14860	184.670	
36	VM-12		21-feb-23	28-feb-23	28	10.01	10.011	78.705	14460	183.724	



**Figura 48 — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido como agregado fino a edades de 14 días y 28 días**



**Figura 49 — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido (agregado fino) y pigmento fosforescente a edad de 7 días**



<b>TESIS:</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FOSFORESCENTE <math>F'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> AL INCORPORAR VIDRIO MOLIDO, ABANCAY - APURÍMAC, 2023</b>
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO A DIFERENTES EDADES</b>	
<b>DISEÑO DE CONCRETO <math>F'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> CON VIDRIO MOLIDO (VM) Y PIGMENTO FOSFORESCENTE (PF)</b>	

N° de la muestra	Código de la muestra	Estructura	Fecha de ensayo		Edad	Diámetro (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
			Moldeo	Rotura		Días	d1				
13	VMPF-1	10 % VM y 30 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	14	10.210	10.143	81.337	11078	136.199	155.806
14	VMPF-2		21-feb-23	28-feb-23	14	10.144	10.139	80.778	13537	167.582	
15	VMPF-3		21-feb-23	28-feb-23	14	10.148	10.164	81.009	13256	163.635	
16	VMPF-4	20 % VM y 60 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	14	10.170	10.185	81.353	9727	119.566	137.090
17	VMPF-5		21-feb-23	28-feb-23	14	10.181	10.198	81.545	12767	156.564	
18	VMPF-6		21-feb-23	28-feb-23	14	10.145	10.184	81.145	10966	135.141	
19	VMPF-7	30 % VM y 90 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	14	10.131	10.140	80.683	9974	123.620	118.914
20	VMPF-8		21-feb-23	28-feb-23	14	10.144	10.172	81.041	9981	123.159	
21	VMPF-9		21-feb-23	28-feb-23	14	10.211	10.183	81.665	8980	109.962	
22	VMPF-10	100 % VM y 120 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	14	10.110	10.830	86.096	6801	78.993	81.103
23	VMPF-11		21-feb-23	28-feb-23	14	10.121	10.190	81.001	6732	83.110	
24	VMPF-12		21-feb-23	28-feb-23	14	10.232	10.210	82.05	6663	81.207	
25	VMPF-1	10 % VM y 30 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	28	10.211	10.140	81.321	17481	214.964	211.305
26	VMPF-2		21-feb-23	28-feb-23	28	10.142	10.131	80.699	16993	210.574	
27	VMPF-3		21-feb-23	28-feb-23	28	10.140	10.168	80.977	16874	208.379	
28	VMPF-4	20 % VM y 60 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	28	10.174	10.175	81.305	14094	173.348	175.163
29	VMPF-5		21-feb-23	28-feb-23	28	10.181	10.193	81.505	14375	176.370	
30	VMPF-6		21-feb-23	28-feb-23	28	10.142	10.187	81.145	14263	175.772	
31	VMPF-7	30 % VM y 90 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	28	10.132	10.142	80.707	11731	145.354	150.681
32	VMPF-8		21-feb-23	28-feb-23	28	10.142	10.171	81.017	12183	150.375	
33	VMPF-9		21-feb-23	28-feb-23	28	10.211	10.186	81.689	12769	156.313	
34	VMPF-10	100 % VM y 120 g de PF	21-feb-23	28-feb-23	28	10.114	10.831	86.137	8071	93.699	91.167
35	VMPF-11		21-feb-23	28-feb-23	28	10.123	10.191	81.025	7432	91.724	
36	VMPF-12		21-feb-23	28-feb-23	28	10.239	10.212	82.122	7233	88.076	



**Figura 50 — Resultados de la resistencia a la compresión del concreto incorporado con vidrio reciclado molido (agregado fino) y pigmento fosforescente a edades de 14 días y 28 días.**

### Anexo 4: Panel fotográfico



Figura 51 — Cantera Murillo para la toma de la muestra de los agregados



Figura 52 — Botadero municipal de Quitasol de la ciudad de Abancay (Reciclaje de vidrio)



**Figura 53 — Vidrio reciclado finalmente molido como agregado fino**



**Figura 54 — Análisis granulométrico del agregado fino**



**Figura 55 — Análisis granulométrico de vidrio reciclado finalmente molido (Agregado fino)**



**Figura 56 — Análisis granulométrico del agregado grueso**



Figura 57 — Peso unitario del agregado fino y agregado grueso

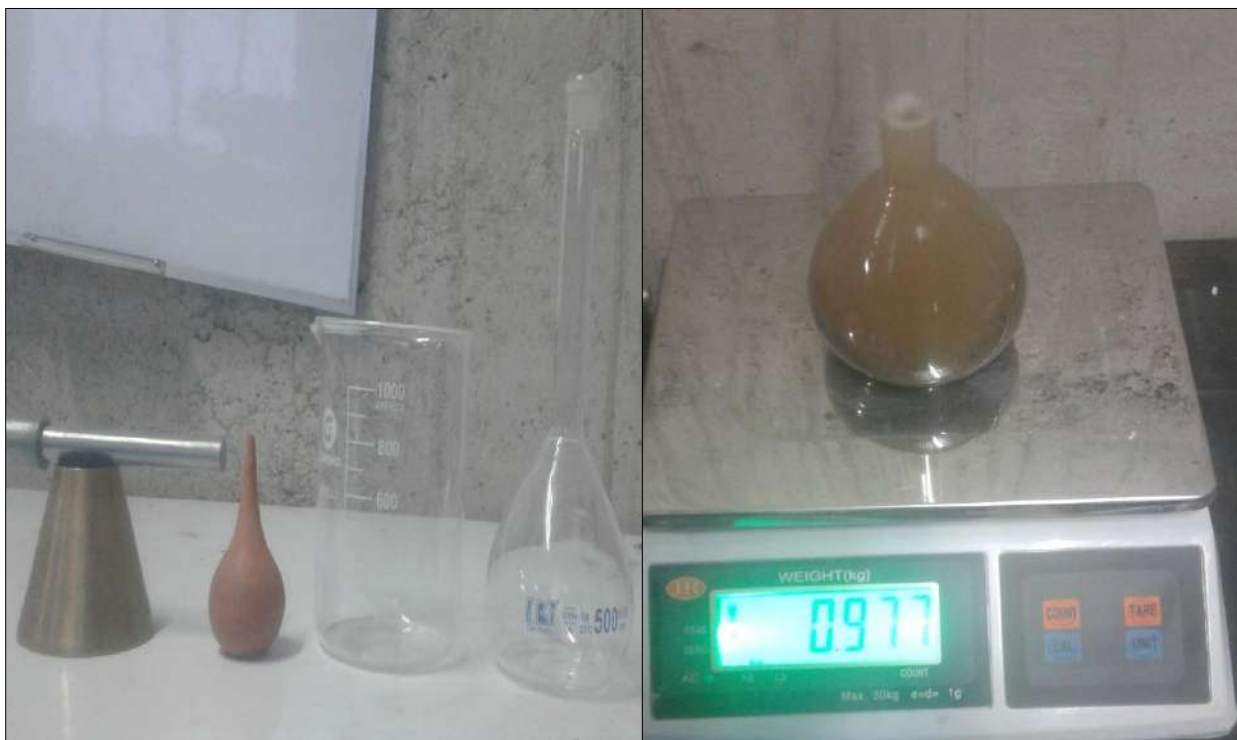


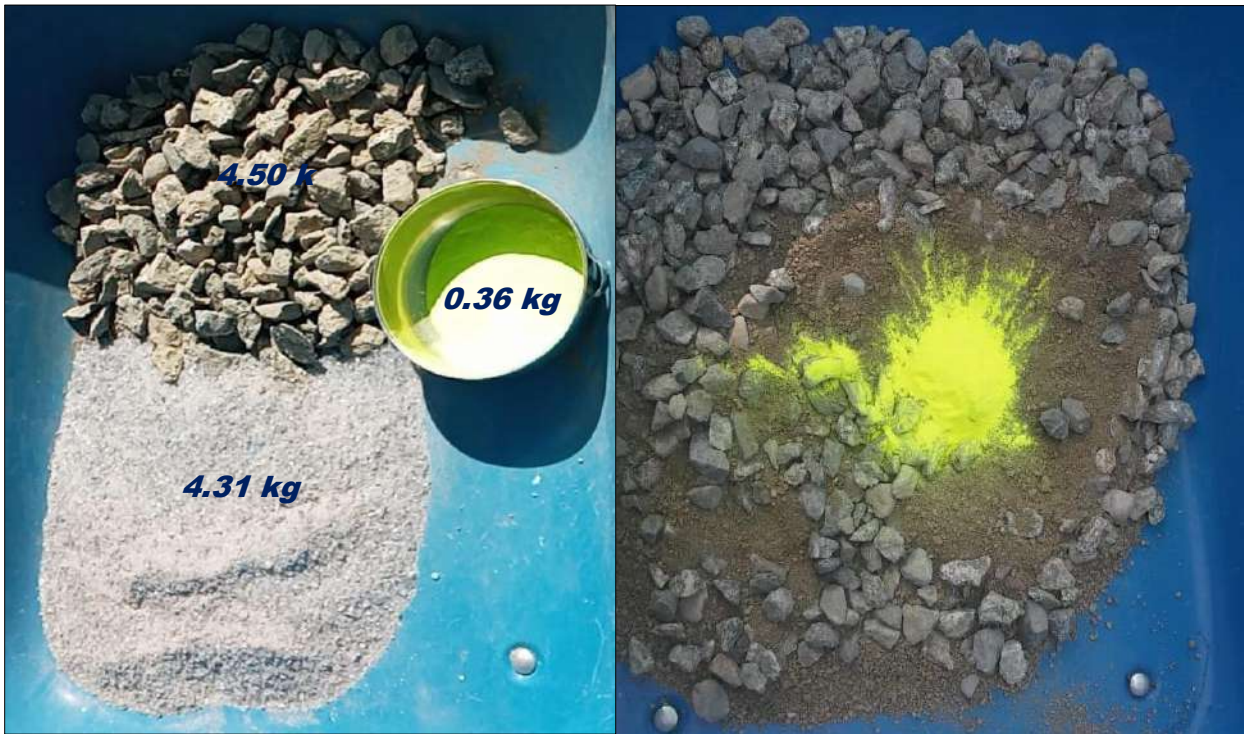
Figura 58 — Gravedad específico y absorción del agregado fino



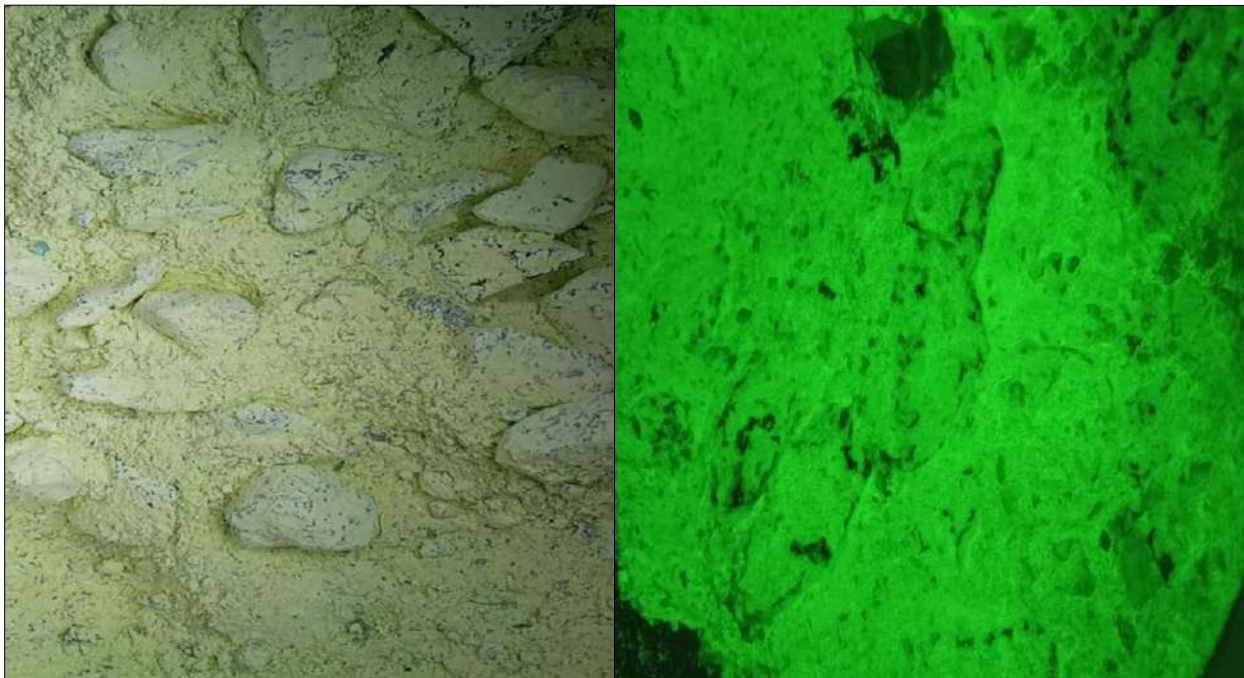
Figura 59 — Peso específico y absorción del agregado grueso



Figura 60 — Proporciones de los materiales incorporando vidrio molido como agregado fino



**Figura 61—** Proporciones de los materiales incorporado con vidrio molido y pigmento fosforescente



**Figura 62 —** Mezclado de concreto con vidrio molido y pigmento fosforescente



**Figura 63 — Determinación del asentamiento del concreto fresco**



**Figura 64 — Elaboración de especímenes de concreto**



Figura 65 — Curado de especímenes de concreto a la edad de 7días, 14días y 28 días

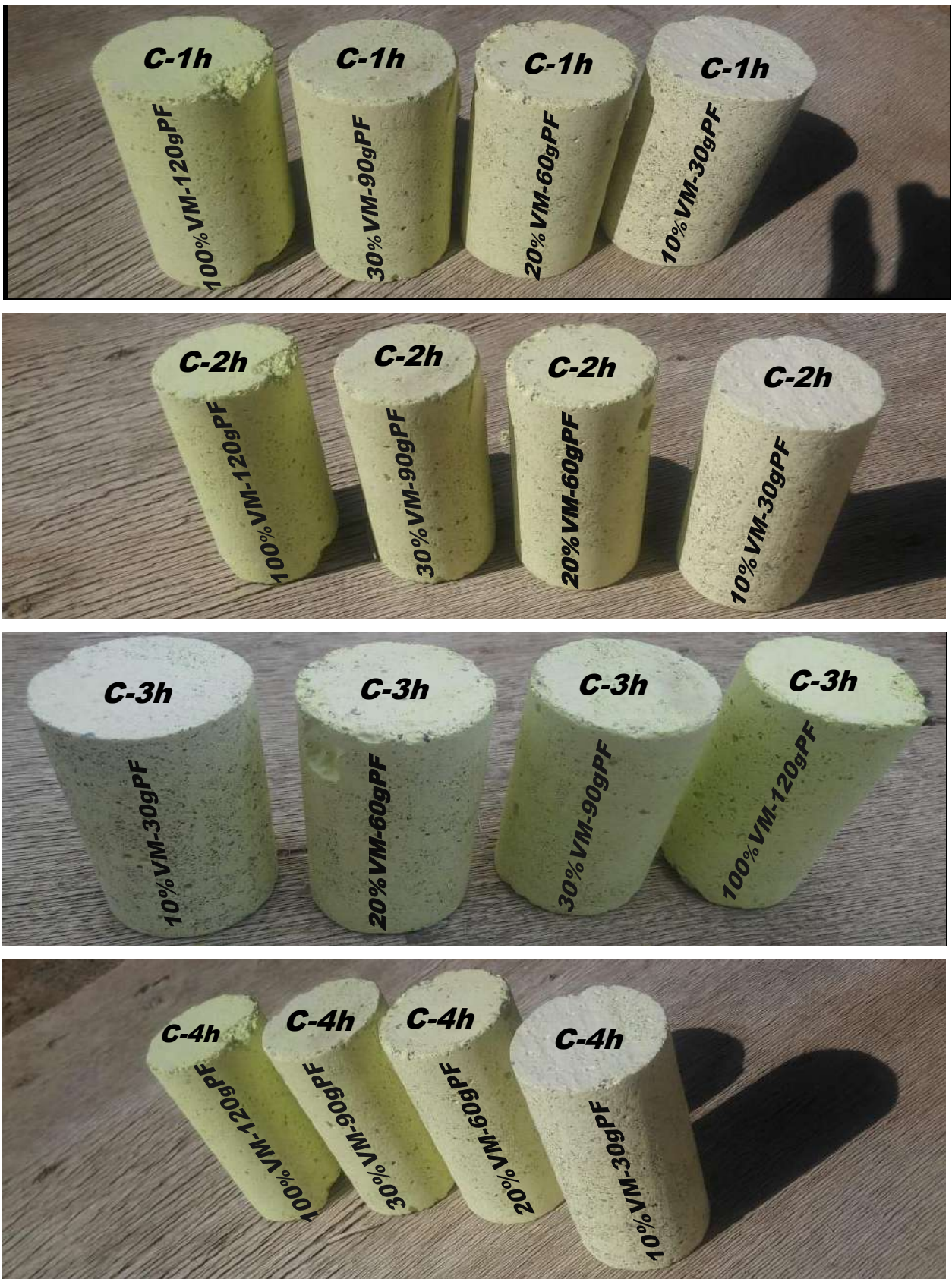


Figura 66 — Cargado de concreto fosforescente de 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas y 5 horas expuesto a radiación solar

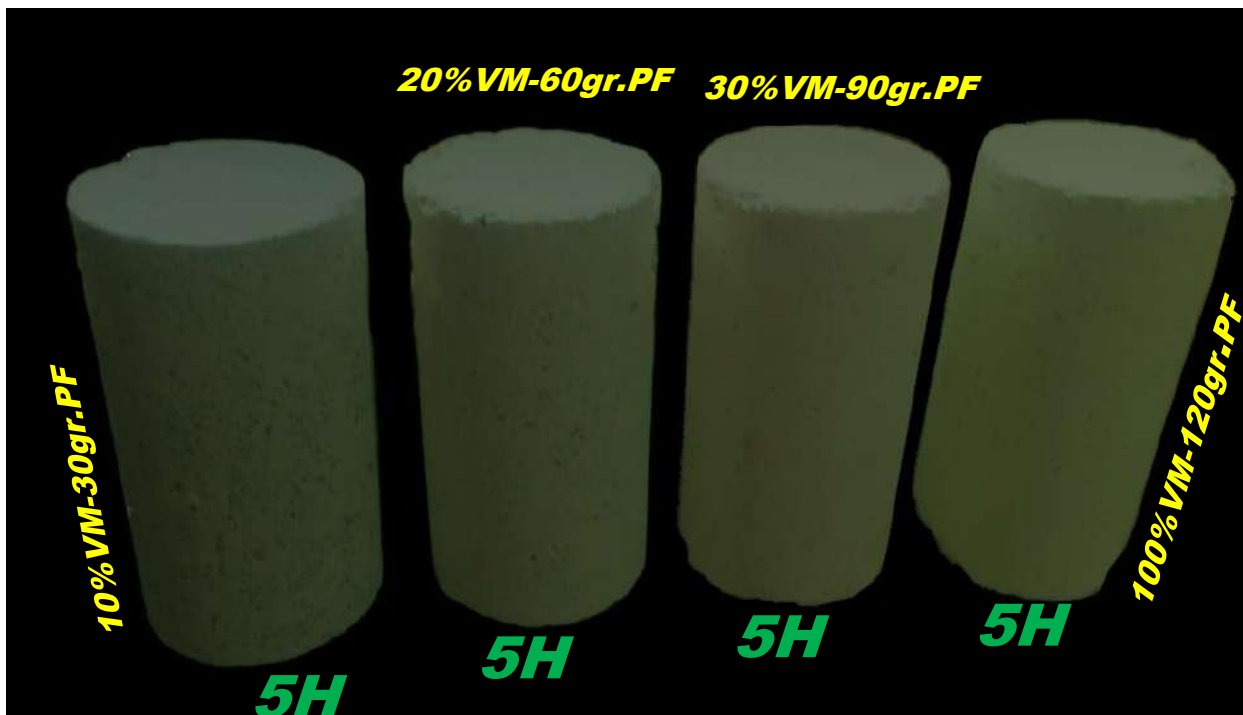


Figura 67 — Cargado de concreto fosforescente de 5 horas expuestas a radiación solar

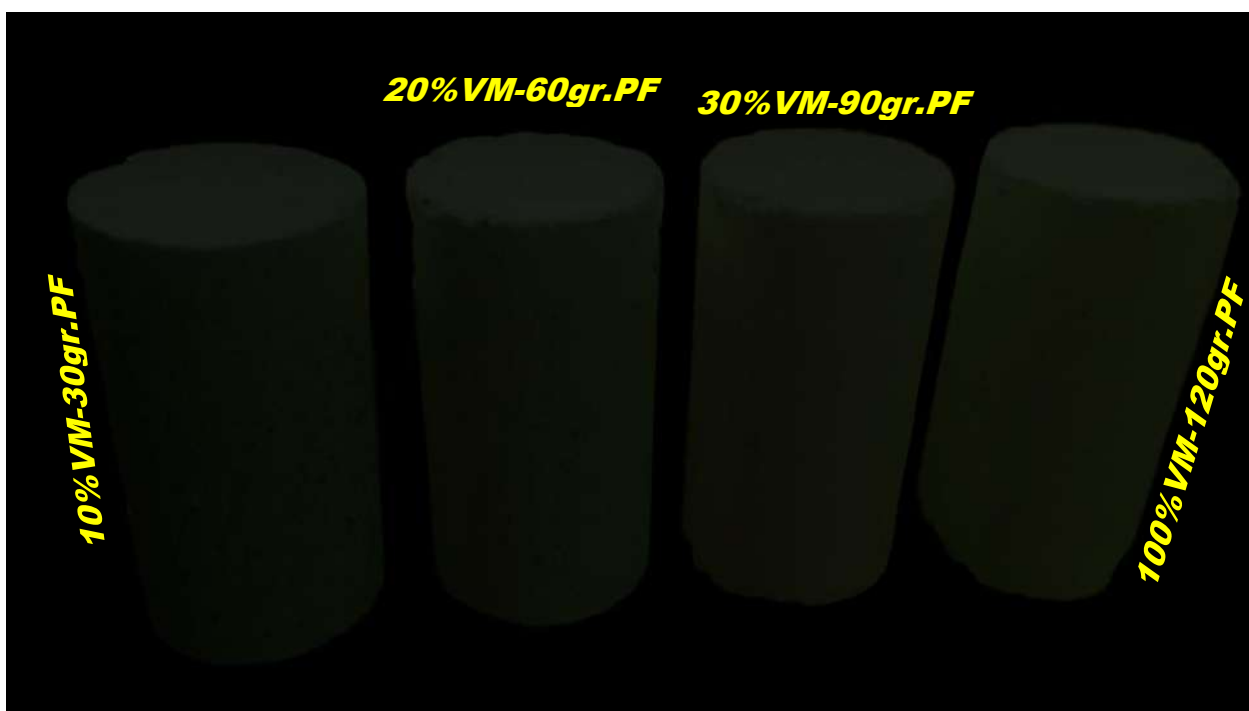


Figura 68 — Concreto fosforescente descargados 320 minutos.

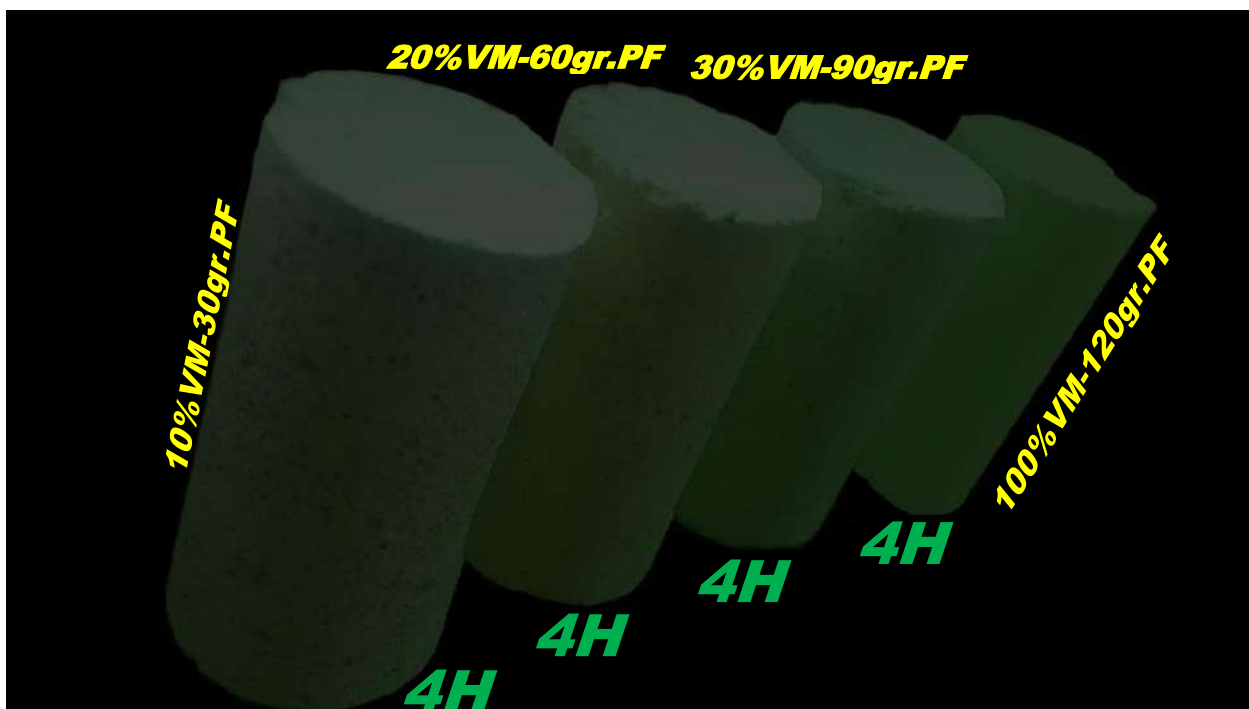


Figura 69 — Cargado de concreto fosforescente de 4 horas expuestas a radiación solar

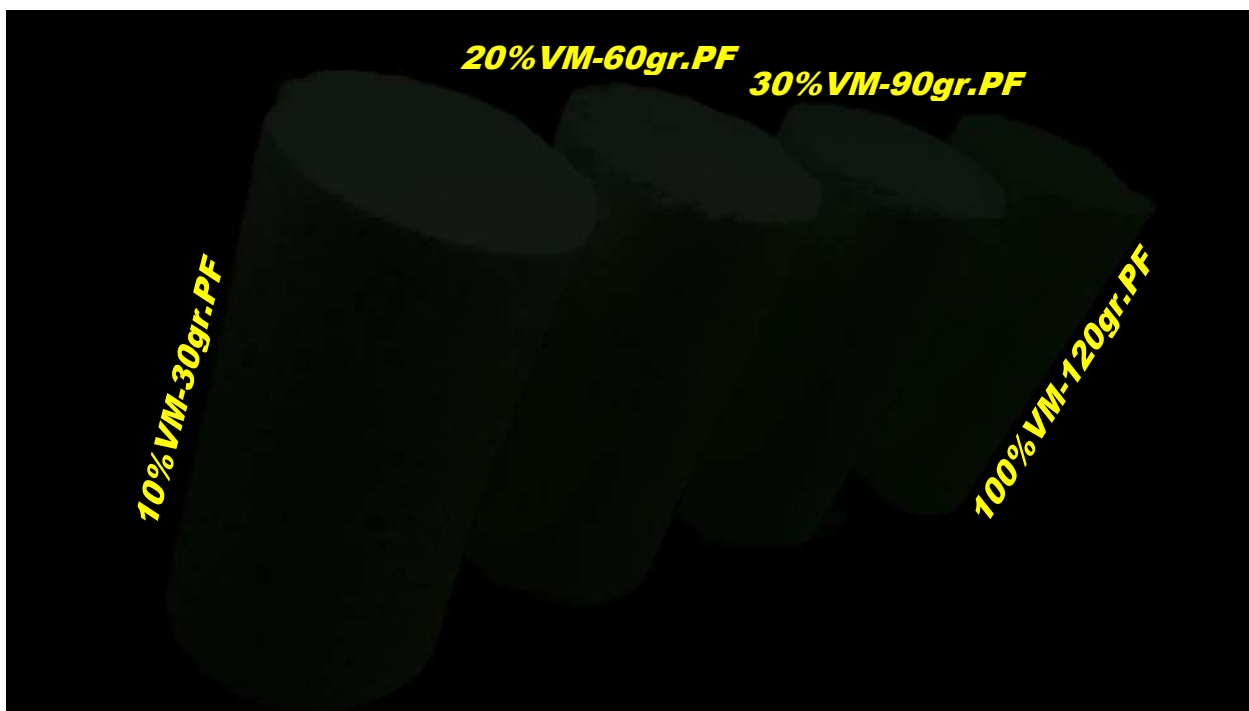


Figura 70 — Concreto fosforescente descargados 290 minutos



**Figura 71 — Medidas del diámetro de la sección transversal de los especímenes antes del ensayo**



**Figura 72 — Selección de especímenes de concreto de acuerdo al código antes del ensayo**



Figura 73 — Máquina digital para ensayo de especímenes de concreto a compresión simple



Figura 74 — Máquina digital para ensayo de concreto a compresión

## Anexo 5: Ficha técnica del pigmento fotoluminiscente



# Pigmento Fotoluminiscente

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

## (Pigmento Fotoluminiscente)

### PROPIEDADES

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Apariencia	Amarillo y verde brillante
Color de luminiscencia	Amarillo y verde
Luminiscencia inicial	> 15000 mcd/m <sup>2</sup>
Tiempo de decaimiento	> 12 hrs.
Densidad	3.5 – 3.6
Tamaño de partícula	100 – 400
Humedad	< 0.05 %

### DESCRIPCIÓN

POLYGLOW fotoluminiscente es un nuevo tipo de pigmento fosforescente de larga persistencia de tierra activada alcalina aluminizada por tierras raras ionizadas. La principal característica del material es la particular estructura de los cristales con una fuerte capacidad de absorber, almacenar y emitir luz. Después de absorber variedades de luz visible (adecuado para luz común en recamaras), puede ser brillante por mas de doce horas en la oscuridad. El brillo y longitud de tiempo persistente son diez veces más que los convencionales de fósforo o sulfito de zinc. El material es no toxico e inofensivo y libre de aditivos radioactivos. Tiene buena estabilidad y capacidad ambiental. Excitación y emisiones pueden ser repetidas indefinidamente.

### CARACTERÍSTICAS

Este nuevo tipo de polvo luminoso es compatible con polímeros, acrílico, poliéster, epoxi, PVC, polipropileno y polietileno

### BENEFICIOS

- Las propiedades postresplandor son diez veces las actuales basadas en pigmentos de ZnS.
- Incremento en la luminiscencia y postresplandor con largo tiempo de activación.
- Libre de sustancias peligrosas o radioactivas

### APLICACIONES

El nuevo tipo de polvo luminoso es usado por muchas técnicas diferentes y propósitos artísticos debido a sus características. Todos nuestros pigmentos son basados en la química del aluminato de estroncio. Pueden ser usados en manufactura de pinturas; tintas; cerámicos; cauchos y películas etc. Es completamente seguro para la aplicación en productos de consumo tales como ropa; zapatos; cápsulas; juguetes; objetos de escritorio; relojes; interruptores; herramientas de pesca y deportes. Tiene buenos efectos en el campo de la construcción; decoración; instalaciones militares; sistemas de fuego de emergencia. Es especialmente adecuado para la producción de productos de seguridad postluminiscentes; obligatorio en signos de escape.

Cielito Lindo lote No. 25 y 27 Manzana 2. Parque Industrial Izcalli  
Col. Esperanza, Cd. Nezahualcoyotl Edo. de México C.P. 57810  
Tel. 57 16 70 70 Email: gerenciatecnica@poliformasplasticas.com.mx

# LUMILUX (Pigmento Fotoluminiscente)

## RECOMENDACIONES DE EMPLEO

Es importante que los sistemas estén libres de humedad

Un kilogramo de material luminoso puede cubrir cerca de 3.3 metros cuadrados de área.

Es importante contar con un sistema entero de secado.

Una libra de pigmento seco puede cubrir hasta 12 pies cuadrados de área con una película de espesor de 150 um (1 gr. cubre 25 cm<sup>2</sup>).

## ESTABILIDAD DE ALMACENAMIENTO

La vida luminosa del producto esta por encima de los 15 años dependiendo del contenido de humedad y del medioambiente donde se utilice.

## SEGURIDAD

- Solicitar al fabricante la hoja de seguridad de materiales.
- Evitar contaminar aire, agua o suelo con emanaciones, derrames o fugas.
- La disposición final de residuo de este producto se debe realizar en lugares autorizados para este fin.

## NOTAS

1.- No pulverizar o moler el pigmento, romper la estructura del pigmento podría destruir las propiedades luminiscentes.

2.- Evitar la exposición del pigmento a ácidos fuertes o mezclas con resinas que contengan metales pesados.

3.-Dejas fuera del alcance de los niños, la sustancia es no toxica pero no intente la ingestión por humanos.

4.- Mantener el pigmento lo más seco posible.

5.-Evite utilizar contenedores metálicos que contengan pigmento fotoluminiscente o pintura.

Dentro de la información que poseemos los datos aquí obtenidos son confiables. Esta información se suministra al margen de cualquier otra garantía expresa o implícita, incluida toda garantía de comercialización o uso para un fin particular es independiente de cualquier otra responsabilidad contraída con el fabricante en vista de que el uso de este material esta fuera de nuestro control. Esta compañía no se hace responsable de cualquier daño o perjuicio resultado del mismo. La decisión final respecto a la utilización de este producto para el uso contemplado, el modo de empleo y el caso que su uso infrinja alguna patente, es responsabilidad únicamente del comprador.

Cielito Lindo lote No. 25 y 27 Manzana 2. Parque Industrial Izcalli  
Col. Esperanza, Cd. Nezahualcoyotl Edo. de México C.P. 57810  
Tel. 57 16 70 70 Email: gerenciatecnica@poliformasplasticas.com.mx

Figura 75 — Especificaciones técnicas del pigmento fosforescente

### Anexo 6: Validación de instrumentos

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – JUICIO DE EXPERTO

##### I. DATOS GENERALES

**Título del trabajo de investigación:** Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

**Investigador:** Bach. Eddy Sánchez Vera

**Nombre de instrumento:** Guía de observación

##### II. DATOS DEL EXPERTO

**Nombres y Apellidos:** Justo Juan Viza Astullu

**Profesión:** C. S.

**Grado Académico:** Doctor

##### III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5, donde:

1. Deficiente	2. Regular	3. Bueno	4. Muy bueno	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.			X		
	2. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.				X	
	3. Objetividad	Está expresado en conducta observable.				X	
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.			X		
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica.				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos y científicos de la investigación educativa.			X		
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
Categorías de escala					3	7	
			A	B	C	D	E

$$\text{COEFICIENTE DE VALIDEZ} = \frac{1xA + 2xB + 3xC + 4xD + 5xE}{50} = \dots 0.74$$

Categoría	Intervalo	Calificación
Desaprobado	[0.00 – 0.60]	
Observado	<0.60 – 0.70]	
Aprobado	<0.70 – 1.00]	P

##### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: p.a. de Sr. aplicable. C. R. M. P. 70

UNIVERSIDAD NACIONAL MICHAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
  
 Dr. Sc. Justo Juan Viza Astullu  
 DOCENTE

Abancay, 29 de mayo del 2023

Sello y Firma del Experto

(Metodólogo)



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – JUICIO DE EXPERTO**

**I. DATOS GENERALES**

**Título del trabajo de investigación:** Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

**Investigador:** Bach. Eddy Sánchez Vera

**Nombre de instrumento:** Guía de observación

**II. DATOS DEL EXPERTO**

**Nombres y Apellidos:** Juan Franks Valenzuela Carrasco

**Profesión:** Ing. Civil

**Grado Académico:** Magister

**III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5, donde:

1. Deficiente	2. Regular	3. Bueno	4. Muy bueno	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.				X	
	3. Objetividad	Está expresado en conducta observable.			X		
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica.			X		
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos y científicos de la investigación educativa.				X	
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.			X		
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
Categorías de escala					3	7	
			A	B	C	D	E

$$COEFICIENTE DE VALIDEZ = \frac{1xA + 2xB + 3xC + 4xD + 5xE}{50} = \frac{0 + 0 + 3 + 7 + 0}{50} = 0.74$$

Categoría	Intervalo	Calificación
Desaprobado	[0.00 – 0.60]	
Observado	<0.60 – 0.70]	
Aprobado	<0.70 – 1.00]	X

$$4xD + 5xE$$

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** Procede su aplicación

Abancay, 29 de mayo del 2023


 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES  
 MSc. Juan F. Valenzuela Carrasco  
 DOCENTE

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – JUICIO DE EXPERTO**

**I. DATOS GENERALES**

**Título del trabajo de investigación:** Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

**Investigador:** Bach. Eddy Sánchez Vera

**Nombre de instrumento:** Guía de observación

**II. DATOS DEL EXPERTO**

**Nombres y Apellidos:** Angel Maldonado Mendivil

**Profesión:** Ingeniero

**Grado Académico:** Magister

**III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5, donde:

1. Deficiente	2. Regular	3. Bueno	4. Muy bueno	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.				X	
	3. Objetividad	Está expresado en conducta observable.				X	
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica.				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos y científicos de la investigación educativa.				X	
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
Categorías de escala						10	
			A	B	C	D	E

$$COEFICIENTE DE VALIDEZ = \frac{1xA + 2xB + 3xC + 4xD + 5xE}{50} = \frac{0 + 0 + 0 + 4(10) + 5(0)}{50} = 0.80$$

Categoría	Intervalo	Calificación
Desaprobado	[0.00 – 0.60]	
Observado	<0.60 – 0.70]	
Aprobado	<0.70 – 1.00]	X

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** Sí, puede

Abancay, 29 de mayo del 2023

  
 Sello y Firma del Experto

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – JUICIO DE EXPERTO**

**I. DATOS GENERALES**

**Título del trabajo de investigación:** Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

**Investigador:** Bach. Eddy Sánchez Vera

**Nombre de instrumento:** Guía de observación

**II. DATOS DEL EXPERTO**

**Nombres y Apellidos:** Wilfredo Soto Palomino

**Profesión:** Ing. Civil

**Grado Académico:** Doctor

**III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5, donde:

1. Deficiente	2. Regular	3. Bueno	4. Muy bueno	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.				X	
	3. Objetividad	Está expresado en conducta observable.			X		
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.				X	
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica.				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos y científicos de la investigación educativa.				X	
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación				X	
Categorías de escala					1	9	
			A	B	C	D	E

$$COEFICIENTE DE VALIDEZ = \frac{1xA + 2xB + 3xC + 4xD + 5xE}{50} = \frac{0780}{50} = 0.780$$

Categoría	Intervalo	Calificación
Desaprobado	[0.00 – 0.60]	
Observado	<0.60 – 0.70]	
Aprobado	<0.70 – 1.00]	0.780

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** Procede su aplicación

Abancay, 29 de mayo del 2023

  
  
 Wilfredo Soto Palomino  
 ING. CIVIL  
 EXP. N° 113376  
 Sello y Firma del Experto

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO – JUICIO DE EXPERTO**

**I. DATOS GENERALES**

**Título del trabajo de investigación:** Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto fosforescente  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al incorporar vidrio molido, Abancay - Apurímac, 2023

**Investigador:** Bach. Eddy Sánchez Vera

**Nombre de instrumento:** Guía de observación

**II. DATOS DEL EXPERTO**

**Nombres y Apellidos:** Rómulo Gómez Nobrega

**Profesión:** Ing. Civil

**Grado Académico:** Magister

**III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**NOTA:** Para cada criterio considere la escala de 1 a 5, donde:

1. Deficiente	2. Regular	3. Bueno	4. Muy bueno	5. Excelente
---------------	------------	----------	--------------	--------------

Componente	Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.			X		
	2. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.			X		
	3. Objetividad	Está expresado en conducta observable.				X	
Contenido	4. Actualidad	Es adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
	5. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				X	
	6. Intencionalidad	Es adecuado para alcanzar los objetivos del estudio.				X	
Estructura	7. Organización	Existe una organización lógica.				X	
	8. Consistencia	Se basa en aspectos teóricos y científicos de la investigación educativa.			X		
	9. Coherencia	Existe coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores.				X	
	10. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación			X		
Categorías de escala					4	3	1
			A	B	C	D	E

$$\text{COEFICIENTE DE VALIDEZ} = \frac{1xA + 2xB + 3xC + 4xD + 5xE}{50} = \dots 0.74$$

Categoría	Intervalo	Calificación
Desaprobado	[0.00 – 0.60]	
Observado	<0.60 – 0.70]	
Aprobado	<0.70 – 1.00]	P

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** Procede su aplicación

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
  
 Mag. Rómulo Gómez Nobrega  
 DOCENTE

Abancay, 29 de mayo del 2023

Sello y Firma del Experto

CIP-22209

### Anexo 7: Certificado de calibración de equipos



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LFP-124-2022

Página 1 de 3

Fecha de emisión	2022/09/16
Solicitante	ECX - INGENIEROS E.I.R.L.
Dirección	JR. LOS LIRIOS NRO. SN URB. PATIBAMBA BAJA APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY
Instrumento de medición	<b>PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO</b>
Identificación	NO INDICA
Marca	ARSOU
Modelo	PR402
Serie	PR01
Capacidad	120,000 kg
Indicador	HIGH WEIGHT
Resolución	1 kg
Serie	NO INDICA
Bomba	ELECTRICA
Procedencia	PERÚ
Ubicación	Laboratorio de concreto
Lugar de calibración	LABORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración	2022/09/16

**Método/Procedimiento de calibración**

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

4xD + 5xE



ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / +51 496-8887 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LFP-124-2022

Página 2 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Transductor de presión	INF-LE N° 175-21

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 17,4 °c Final: 17,8 °C

Humedad Relativa Inicial: 69 %hr Final: 69 %hr

Resultados

SISTEMA DIGITAL "A" kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON				PROMEDI O "B" kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10009	10010	0.09	0.10	10010	0.10	0.01
20000	20011	20008	0.06	0.04	20010	0.05	0.01
30000	30001	30012	0.00	0.04	30007	0.02	0.03
40000	40008	40012	0.02	0.03	40010	0.03	0.01
50000	49998	50001	0.00	0.00	50000	0.00	0.00
60000	60033	60005	0.06	0.01	60019	0.03	0.03
70000	69987	70002	-0.02	0.00	69995	-0.01	0.02
80000	79981	80006	-0.02	0.01	79994	-0.01	0.02

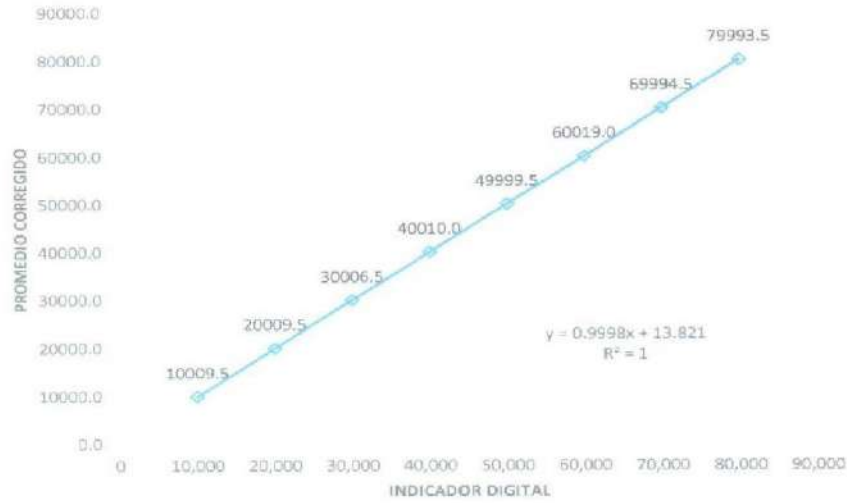


ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vív. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / +51 496-8887 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 0.9998x + 13.821$

Coefficiente Correlación  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)



Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura  $k=2$ .
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

Fin de documento

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / +51 496-8887 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnicé  
METROLOGÍA

Figura 77 — Certificado de calibración de la prensa hidráulica para concreto



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° LMA-728-2022**

P

**Arso Group**

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2022/09/16

Solicitante **ECX - INGENIEROS E.I.R.L.**

Dirección JR. LOS LIRIOS NRO. 5N URB. PATIBAMBA BAJA APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

**Instrumento de medición BALANZA**

Identificación NO INDICA

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala 1 g

Resolución

División de verificación (e) 1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo R21P30

N° de serie 8390110628

Procedencia ESTADOS UNIDOS

Ubicación LABORATORIO DE SUELOS

Lugar de calibración LOBORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.

Fecha de calibración 2022/09/16

**Método/Procedimiento de calibración**

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carrizosa  
METROLOGÍA





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LMA-728-2022

Página 2 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1226-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1227-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1228-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1229-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1230-MPES-C-2022

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental	Inicial: 17 °C	Final: 17 °C
Humedad Relativa	Inicial: 71 %hr	Final: 71 %hr

**Resultados**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	14997	0.07	-0.12	3000	0.05	-0.1
2	14998	0.07	-0.15	29999	0.04	-0.12
3	14997	0.04	-0.12	30000	0.05	-0.13
4	14998	0.02	-0.11	30000	0.04	-0.1
5	14998	0.06	-0.11	30000	0.03	-0.11
6	14997	0.07	-0.11	29999	0.05	-0.11
7	14998	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.11
8	14999	0.06	-0.12	29999	0.05	-0.1
9	14999	0.09	-0.12	29999	0.04	-0.11
10	15001	0.08	-0.1	30000	0.05	-0.11

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
15001	0	1
30000	0	5



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnicero  
METROLOGIA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vlv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

