



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE ESPECÍMENES EN EL  
RESULTADO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DEL  
CONCRETO  $f'_c=175, 210$  Y  $280 \text{ kg/cm}^2$ , PUNO-2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. PAUL NILSON PINTO GAMARRA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO-PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE ESPECÍMENES EN EL RESULTADO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO  $f'c=175, 210$  Y  $280$  kg/cm<sup>2</sup>, PUNO-2023**

AUTOR

**PAUL NILSON PINTO GAMARRA**

RECuento de palabras

**27360 Words**

RECuento de caracteres

**138712 Characters**

RECuento de páginas

**141 Pages**

Tamaño del archivo

**2.0MB**

Fecha de entrega

**Apr 30, 2024 10:41 AM GMT-5**

Fecha del informe

**Apr 30, 2024 10:43 AM GMT-5**

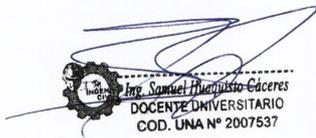
### ● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

  
Ing. Samuel Pluquinzo Cáceres  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 2007537

  
VOS  
62 Mayo 2024  
Jaime Rodolfo Leiva  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 37813  
SUBDIRECCION INVESTIGACION  
EPIC

Resumen



## DEDICATORIA

A mis padres, por su incondicional amor y como muestra de mi eterno agradecimiento. A mis hermanos, por su apoyo constante.

A mi querida hermana Lola Pinto Gamarra Q.E.P.D.

A mis grandes amigos José Chávez, Juan Luis y Jorge por su inquebrantable y sincera amistad.

A todos los docentes, personal técnico y compañeros del laboratorio de Construcciones con quienes he compartido experiencias a lo largo del desarrollo del presente.

A todos ellos, porque sin ellos no hubiese sido posible la realización de este proyecto.

**Paul Nilson Pinto Gamarra**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por ser luz y guía en mi andar, por ser el soporte de mi día a día y colmar mi vida de las más grandes bendiciones.

A mis padres, por su ejemplar dedicación a sus hijos y ser inspiración para el cumplimiento de mis metas propuestas.

A mi alma máter, Universidad Nacional del Altiplano, donde he recibido todos los conocimientos profesionales que tengo.

A mis docentes, que con su dedicación y conocimientos ayudan a la formación de profesionales y personas de bien.

Así también, agradezco a mi asesor de tesis, Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por su predisposición de ayuda a los demás.

A los miembros del jurado, Ing. Guillermo Fernández Sila, D. Sc. Felix Rojas Chahuares e Ing. Gleny de la Riva Tapia, quienes, con su experiencia y conocimientos, guiaron y fortalecieron el desarrollo del presente.

Finalmente, a mis amistades que, en momentos de debilidad han sido agentes de soporte y de ayuda moral y con los que he compartido grandes vivencias en distintas etapas de mi vida.

**Paul Nilson Pinto Gamarra**



# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
1.2.1. Problema general.....	22
1.2.2. Problema específico .....	22
<b>1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
1.3.1. Hipótesis General .....	22
1.3.2. Hipótesis Específica .....	23
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO.....</b>	<b>23</b>
<b>1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>



1.5.1. Objetivo general .....	24
1.5.2. Objetivo específico.....	24
<b>1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE .....</b>	<b>25</b>

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>26</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	26
2.1.2. Antecedentes nacionales. ....	31
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>35</b>
2.2.1. El concreto. ....	35
2.2.1.1. Definición. ....	35
2.2.1.2. Tipos de concreto.....	36
2.2.1.3. Componentes del concreto.....	36
2.2.1.4. Propiedades del concreto .....	41
2.2.2. Control de calidad del concreto.....	45
2.2.2.1. Definición de control de calidad.....	45
2.2.2.2. Calidad de los materiales.....	45
2.2.2.3. Control del diseño de mezcla.....	46
2.2.2.4. Control durante la producción del concreto.....	47



2.2.2.5. Control de resistencia a la compresión. ....47

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTUDIO</b> .....	53
<b>3.2. PERIODO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	53
<b>3.3. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.</b> .....	53
3.3.1. Enfoque de la investigación: cuantitativo. ....	53
3.3.2. Tipo de investigación: aplicada.....	54
3.3.3. Nivel de la investigación: explicativo. ....	54
3.3.4. Según el tiempo de estudio: transversal. ....	54
3.3.5. Diseño de la investigación: cuasiexperimental. ....	54
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.</b> .....	54
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.</b> .....	56
3.5.1. PRUEBA DE NORMALIDAD. ....	56
3.5.1.1. Test de Shapiro Wilk.....	56
3.5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	57
3.5.2.1. Test de t-student. ....	57
<b>3.6. MATERIALES.</b> .....	58
3.6.1. Cemento .....	58



3.6.2.	Hormigón .....	59
3.6.3.	Agua .....	59
<b>3.7.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO.....</b>	<b>60</b>
3.7.1.	Ensayo de peso específico del cemento .....	60
3.7.1.1.	Equipos y materiales.....	60
3.7.1.2.	Procedimiento.....	60
<b>3.8.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO .....</b>	<b>61</b>
3.8.1.	Análisis granulométrico del agregado fino. ....	61
3.8.1.1.	Equipos y materiales.....	62
3.8.1.2.	Procedimiento del ensayo.....	62
3.8.2.	Peso específico y capacidad de absorción del agregado fino.....	64
3.8.2.1.	Equipos y materiales.....	64
3.8.2.2.	Procedimiento .....	65
3.8.3.	Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	68
3.8.3.1.	Equipos y materiales.....	68
3.8.3.2.	Procedimiento.....	69
3.8.4.	Contenido de humedad del agregado fino.....	71
<b>3.9.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO. ....</b>	<b>71</b>
3.9.1.	Análisis granulométrico del agregado grueso.....	71



3.9.1.1. Equipos y materiales. ....	71
3.9.1.2. Procedimiento del ensayo. ....	72
3.9.2. Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso. ....	74
3.9.2.1. Equipos y materiales. ....	74
3.9.2.2. Procedimiento. ....	75
3.9.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso. ....	78
3.9.3.1. Equipos y materiales. ....	78
3.9.3.2. Procedimiento. ....	79
<b>3.10. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO. ....</b>	<b>81</b>
3.10.1. Cálculo de la resistencia promedio. ....	81
3.10.2. Tamaño máximo nominal del agregado. ....	82
3.10.3. Selección de asentamiento (slump). ....	82
3.10.4. Volumen unitario de agua. ....	83
3.10.5. Contenido de aire atrapado en la mezcla. ....	84
3.10.6. Relación agua cemento a/c. ....	84
3.10.7. Factor cemento. ....	85
3.10.8. Volumen absoluto de la pasta. ....	86
3.10.9. Cálculo de volumen de los agregados. ....	87
3.10.10. Módulo de fineza de la combinación de agregados. ....	88



3.10.11. Cálculo de incidencia del agregado grueso y fino. ....	89
3.10.12. Cálculo de volúmenes y pesos de agregado grueso y agregado fino. ...	90
3.10.13. Pesos secos de los materiales por m <sup>3</sup> de concreto. ....	91
<b>3.11. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....</b>	<b>92</b>
<b>3.12. CURADO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO PARA ENSAYO .....</b>	<b>93</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADO DE ENSAYO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....</b>	<b>95</b>
4.1.1. Estándar de control de calidad del concreto ACI-214R.....	104
<b>4.2. TEST DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK .....</b>	<b>107</b>
4.2.1. Test de normalidad para especímenes de 10cmx20cm y 15cmx30cm .	107
4.2.1.1. Nivel de significancia.....	107
4.2.1.2. Planteamiento de hipótesis.....	107
4.2.1.3. Regla de decisión. ....	108
4.2.2. Test de normalidad para especímenes de 10cmx20cm ensayados con platos de 10cm y 15 cm.....	114
4.2.2.1. Nivel de significancia.....	114
4.2.2.2. Planteamiento de hipótesis.....	114
4.2.2.3. Regla de decisión. ....	114
<b>4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS. ....</b>	<b>116</b>



4.3.1. Prueba de hipótesis para especímenes de 10cmx20cm y 15cmx30cm .	116
4.3.1.1. Nivel de significancia.....	116
4.3.1.2. Planteamiento de hipótesis.....	116
4.3.1.3. Regla de decisión. ....	117
4.3.2. Prueba de hipótesis para especímenes de 10cmx20cm ensayados con platos retenedores de 10cm y 15cm. ....	121
4.3.2.1. Nivel de significancia.....	121
4.3.2.2. Planteamiento de hipótesis.....	122
4.3.2.3. Regla de decisión. ....	122
4.3.3. Resumen de prueba de hipótesis. ....	123
<b>4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>125</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>132</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>134</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>139</b>

**ÁREA:** Construcciones.

**TEMA:** Influencia de tamaño de especímenes.

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:** Construcciones y gerencia.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 15 de mayo de 2024



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1	Influencia del curado en la resistencia a compresión del concreto. .... 44
Figura 2	Curva granulométrica del agregado fino..... 63
Figura 3	Análisis granulométrico del agregado fino. .... 64
Figura 4	Ensayo de peso específico del agregado fino. .... 68
Figura 5	Peso unitario suelto y compactado del agregado fino..... 70
Figura 6	Curva granulométrica de agregado grueso. .... 73
Figura 7	Tamizado de agregado grueso. .... 74
Figura 8	Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso..... 78
Figura 9	Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso. .... 80
Figura 10	Grupo de especímenes de concreto elaborados. .... 93
Figura 11	Curado de especímenes de concreto. .... 94
Figura 12	Resistencia a la compresión $f'c=175\text{kg/cm}^2$ ..... 102
Figura 13	Resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ..... 103
Figura 14	Resistencia a la compresión $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ..... 104



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1	Operacionalización de variables. .... 25
Tabla 2	Resistencia a la compresión según edad y temperatura ..... 45
Tabla 3	Tolerancia permisible para el ensayo de compresión simple..... 51
Tabla 4	Estándar de control de ACI-214R para dispersión entre testigos ..... 52
Tabla 5	Muestra de estudio ..... 55
Tabla 6	Muestras para ensayos con platos de 10cm y 15 cm de diámetro. .... 56
Tabla 7	Características físicas y químicas del cemento ..... 59
Tabla 8	Peso específico del cemento A. .... 61
Tabla 9	Peso específico del cemento B..... 61
Tabla 10	Peso específico y absorción del agregado fino. .... 67
Tabla 11	Peso unitario compactado del agregado fino. .... 69
Tabla 12	Peso unitario suelto del agregado fino ..... 70
Tabla 13	Cantidad mínima de muestra según Tamaño Máximo Nominal. .... 72
Tabla 14	Cantidad mínima de muestra según TMN del agregado grueso. .... 75
Tabla 15	Peso específico y absorción del agregado grueso ..... 77
Tabla 16	Peso unitario compactado del agregado grueso. .... 79
Tabla 17	Peso unitario suelto del agregado grueso..... 80
Tabla 18	Resistencia promedio en kg/cm <sup>2</sup> . .... 81
Tabla 19	Resistencia promedio para resistencias planteadas..... 82
Tabla 20	Selección de asentamiento. .... 83
Tabla 21	Selección del volumen unitario de agua. .... 83
Tabla 22	Contenido de aire atrapado en la mezcla. .... 84



Tabla 23	Relación agua-cemento según resistencia promedio. ....	85
Tabla 24	Relación a/c para resistencias de estudio .....	85
Tabla 25	Factor cemento para resistencias de estudio .....	86
Tabla 26	Volumen de materiales de la pasta por m <sup>3</sup> . ....	87
Tabla 27	Volumen de agregados por m <sup>3</sup> de mezcla .....	87
Tabla 28	Bolsas de cemento por m <sup>3</sup> de concreto.....	88
Tabla 29	Módulo de fineza de la combinación de agregados. ....	88
Tabla 30	Módulos de fineza de combinación de agregados por resistencia. ....	89
Tabla 31	Incidencia de agregado fino y grueso. ....	89
Tabla 32	Volumen en m <sup>3</sup> de agregado fino y grueso. ....	90
Tabla 33	Peso seco de agregados por m <sup>3</sup> de mezcla .....	91
Tabla 34	Materiales en peso por m <sup>3</sup> de concreto.....	92
Tabla 35	Resultados de especímenes f'c=175 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla A.....	95
Tabla 36	Resultados de especímenes f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla A.....	96
Tabla 37	Resultados de especímenes f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla A.....	97
Tabla 38	Resultados de especímenes f'c=175 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla B .....	98
Tabla 39	Resultados de especímenes f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla B .....	99
Tabla 40	Resultados de especímenes f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla B .....	100
Tabla 41	Resultados de ensayo con platos de retención de 10cm y 15cm.....	101
Tabla 42	Estándar de control de dispersión, especímenes mezcla A.....	105
Tabla 43	Estándar de control de dispersión, especímenes mezcla B .....	106
Tabla 44	Control de dispersión para ensayos con platos de 10cm y 15cm.....	106
Tabla 45	Test de normalidad muestras f'c=175 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla A.....	108
Tabla 46	Test de normalidad muestras f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla A.....	109
Tabla 47	Test de normalidad muestras f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> , mezcla A.....	110



Tabla 48	Test de normalidad muestras $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> , mezcla B.....	111
Tabla 49	Test de normalidad muestras $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , mezcla B.....	112
Tabla 50	Test de normalidad muestras $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> , mezcla B.....	113
Tabla 51	Prueba de normalidad a especímenes de 10cm ensayados con platos de 10cm y 15 cm.....	115
Tabla 52	Prueba de hipótesis a grupo de datos $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> mezcla A .....	117
Tabla 53	Prueba de hipótesis a grupo de datos $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> mezcla A .....	118
Tabla 54	Prueba de hipótesis a grupo de datos $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> mezcla A .....	118
Tabla 55	Prueba de hipótesis a grupo de datos $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> mezcla B .....	119
Tabla 56	Prueba de hipótesis a grupo de datos $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> mezcla B .....	120
Tabla 57	Prueba de hipótesis a grupo de datos $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> mezcla B .....	121
Tabla 58	Test t-student de especímenes de 10 cm ensayados con platos de 10 cm y 15 cm.....	123
Tabla 59	Resumen global de resultados.....	124
Tabla 60	Resumen de ensayos realizados con platos de 10cm y 15 cm de diámetro. .....	125



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO 1 Panel fotográfico.....	139
ANEXO 2 Fichas técnicas de cemento .....	139
ANEXO 3 Datos obtenidos en laboratorio .....	139
ANEXO 4 Tablas estadísticas.....	139
ANEXO 5 Certificado de laboratorio .....	139
ANEXO 6 Análisis de propiedades del cemento .....	139



## ACRÓNIMOS

f'c:	Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm <sup>2</sup> .
W%:	Contenido de humedad
TM:	Tamaño máximo del agregado.
TMN:	Tamaño máximo nominal del agregado.
Mf:	Módulo de fineza del agregado fino.
Mg:	Módulo de fineza del agregado grueso.
a/c:	Relación agua/cemento.
ai:	Coefficientes de Shapiro Wilk
b:	Sumatoria de factores Shapiro Wilk
S <sup>2</sup> :	Varianza
Wc:	Estadístico de prueba de Shapiro Wilk
Wt:	Estadístico de tabla de Shapiro Wilk
gl:	Grado de libertad
tp:	Valor estadístico de prueba de t student calculado.
ts:	Valor estadístico de prueba de t student de tabla.
ACI:	American Concrete Institute.
ASTM:	American Society of Testing Materials.
NTP:	Norma Técnica Peruana



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la influencia del tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> elaborado en la ciudad de Puno, desarrollándose en un nivel explicativo transversal con enfoque cuantitativo, el muestreo es no probabilístico intencional. La metodología de trabajo consistió en la elaboración y ensayo de especímenes de 150mmx300mm y 100mmx200mm. El método de diseño de mezcla adoptado fue el de módulo de fineza de los agregados; se utilizó cemento de tipo IP y agregado de TMN=1'', los testigos fueron ensayados según la norma ASTM-C39. Los resultados obtenidos evidencian que la resistencia a compresión simple de especímenes de 100mmx200mm son menores a las de 150mmx300mm en 10.94% y 12.94% para concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> a 14 y 28 días de ensayo; en 6.68%, 11.74% y 9.53% para concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y; 12.93%, 8.79% y 7.16% para concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, según las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente. Además, se encontró que las briquetas de 10 cm de diámetro, que se ensayaron con platos retenedores de 15 cm, presentaron resistencias menores en un rango de 60.37%, 65.29% y 68.49% para los diseños de  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En conclusión, el tamaño de los especímenes influye de manera significativa en el resultado de resistencia a compresión simple.

**Palabras clave:** Compresión simple, Especímenes, Influencia, Plato retenedor, Tamaño.



## ABSTRACT

The present study aims to determine the influence of specimen size on the result of simple compression strength of concrete  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, and  $f'_c=280$ kg/cm<sup>2</sup> produced in the city of Puno, developed at an explanatory cross-sectional level with a quantitative approach, using non-probabilistic intentional sampling. The methodology consisted of the preparation and testing of specimens of 150mmx300mm and 100mmx200mm. The mix design method adopted was the aggregate fineness module; IP type cement and 1" aggregate were used, with specimens tested according to ASTM-C39 standard. The results obtained show that the simple compression strength of 100mmx200mm specimens is lower than that of 150mmx300mm specimens by 10.94% and 12.94% for concrete  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> at 14 and 28 days of testing; 6.68%, 11.74%, and 9.53% for concrete  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>; and 12.93%, 8.79%, and 7.16% for concrete  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, at 7, 14, and 28 days of age, respectively. Additionally, it was found that 10 cm diameter briquettes, tested with 15 cm retaining plates, showed lower strengths in a range of 60.37%, 65.29%, and 68.49% for designs of  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, and 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. In conclusion, the size of specimens significantly influences the result of simple compression strength.

**Keywords:** Simple compression, Specimens, Influence, Retaining plate, Size.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El concreto es uno de los materiales fundamentales en la construcción, y su resistencia a la compresión es un parámetro crucial para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras. En este contexto, las briquetas de 10cmx20cm se han convertido en una opción cada vez más común para los ensayos de compresión simple del concreto, ofreciendo ventajas logísticas y de manejo en comparación con los tradicionales cilindros de 15cmx30cm.

A nivel mundial, diversas organizaciones han establecido directrices para la elaboración de especímenes y su ensayo de resistencia a la compresión del concreto, tal es el caso de la normativa ASTM C-31, en la cual se permite el uso de muestras más pequeñas, argumentando que ofrecen resultados representativos de la resistencia a la compresión del concreto en situaciones reales de construcción. Sin embargo, la validez de esta afirmación no ha sido exhaustivamente explorada y existe la necesidad de una evaluación comparativa que abarque el ámbito mundial, latinoamericano y peruano.

En América Latina, donde las condiciones climáticas pueden incidir significativamente en el comportamiento de los materiales, resulta esencial comprender cómo se comportan los especímenes de dimensiones más reducidas en comparación con las muestras de tamaño convencional. Considerando además la importancia de la construcción en la región y la diversidad de prácticas constructivas, resulta imperativo determinar si las muestras de 10 cm x 20 cm son representativas y confiables en este contexto.



En el ámbito peruano, un país con una actividad constructiva en constante crecimiento, la norma técnica 'NTP 339.033. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en obra' permite el uso de briquetas de 10 cm x 20 cm. Sin embargo, esta norma no proporciona información detallada sobre cómo este tamaño de muestra podría influir en la resistencia obtenida. Por tanto, resulta fundamental comprender cómo las muestras de menor tamaño se adaptan a las particularidades de los materiales y prácticas constructivas locales. Este aspecto cobra especial relevancia en el contexto actual de la industria de la construcción, donde se enfatiza la sostenibilidad y la eficiencia, y donde el uso de muestras más pequeñas podría traducirse en beneficios económicos y ambientales.

Dado este contexto, donde la industria de la construcción crece rápidamente y en el que la optimización de los procesos de control de calidad del concreto se hace necesaria, resulta imperativo considerar la adopción de nuevas tendencias que simplifiquen estos procesos. Es cierto que, en nuestra región de Puno, no es frecuente el uso de especímenes de 10x20cm; pero si esta situación continúa, nos estaremos quedando relegados de las nuevas tendencias que simplifican los procesos del control de calidad. Por tanto, resulta conveniente promover y ampliar la utilización de tales especímenes, acompañados del desarrollo de investigaciones que enriquezcan nuestro entendimiento sobre cómo el tamaño de los especímenes influye en la resistencia del concreto. Esto debe tener en cuenta la variedad de agregados, condiciones climáticas y otros factores específicos de nuestra región.



## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye el tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto?

### 1.2.2. Problema específico

¿De qué manera influye el tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ?

¿De qué manera influye el tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

¿De qué manera influye el tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ?

¿De qué manera influye el diámetro del plato retenedor en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ?

¿De qué manera influye el diámetro del plato retenedor en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

¿De qué manera influye el diámetro del plato retenedor en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ?

## 1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

### 1.3.1. Hipótesis General

El tamaño de los especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto.



### 1.3.2. Hipótesis Específica

El tamaño de los especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$

El tamaño de los especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

El tamaño de los especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$

El tamaño del plato retenedor influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$

El tamaño del plato retenedor influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

El tamaño del plato retenedor influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$

## 1.4. JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO

Resulta de interés estudiar la influencia del tamaño de los especímenes de concreto sobre los resultados del ensayo de compresión simple debido a que la normatividad peruana permite la toma de muestras de 150mmx300mm y las de 100mmx200mm durante la ejecución de las obras como parte de los controles de calidad propios de cada proyecto. Es preciso mencionar que, las normas NTP 339.033 y NTP 339.034 no brindan valores de correlación entre los resultados de ensayos a las probetas de tamaño 150mmx300mm y de 100mmx200mm.



La presente investigación se plantea porque no existen datos numéricos en nuestra región de Puno que nos brinden información respecto de cómo influye el tamaño de las probetas en los resultados ni de cuanto es la variación entre las resistencias obtenidas a partir de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm. Obtenidos los objetivos planteados en el presente estudio se estará colaborando a la optimización los procesos de control de calidad de concreto en las obras de nuestra región.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar la influencia del tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto.

### **1.5.2. Objetivo específico**

Evaluar la influencia del tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple, según edad del concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .

Evaluar la influencia del tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple, según edad del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Evaluar la influencia del tamaño de los especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple, según edad del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

Evaluar la influencia del tamaño del plato retenedor en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .

Evaluar la influencia del tamaño del plato retenedor en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .



Evaluar la influencia del tamaño del plato retenedor en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

## 1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Tamaño de los especímenes	Diámetro y altura	longitud	cm	De razón continua
	Diámetro de plato retenedor	longitud	cm	De razón continua
<b>Variable dependiente</b>	<b>Indicador</b>		<b>Tipo de variable</b>	
Resistencia a compresión simple del concreto	$f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	esfuerzo	Kg/cm <sup>2</sup>	De razón continua

Nota: Elaboración Propia



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Buller et al. (2020) estudiaron el efecto del tamaño de los especímenes cilíndricos en la resistencia a la compresión y tracción del concreto verde, el cual es producido mediante la sustitución parcial del agregado grueso por concreto viejo y demolido. Su investigación de tipo pura con enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental y nivel correlacional, tuvo una muestra de 600 cilindros de concreto, de los cuales 100 se elaboraron con concreto convencional para comparar los resultados de resistencia. Se utilizaron cinco tamaños diferentes de cilindros, todos con una relación L/D igual a 2. En sus resultados, encontraron que los especímenes de 8"x16" exhibieron las resistencias más altas, siendo 3.1423 veces superiores a las de probetas de 6"x12". Los cilindros de 4"x8" alcanzaron resistencias equivalentes al 91.38% de los de 6"x12". Del mismo modo, los especímenes de 3"x6" representan el 85.40% de las de briquetas de 6"x12", mientras que los de 2"x4" lograron el 61.20% de las muestras de 6"x12". Concluyendo que sus coeficientes de correlación ayudarán a mapear la resistencia a la compresión y tracción de cilindros de tamaño no convencional. (Buller et al., 2020)

De Azevedo et al. (2020) investigaron el comportamiento mecánico de pequeños especímenes cilíndricos (50x100 mm) en relación con el tamaño (100x200 mm). Su estudio de tipo básico se desarrolló en un nivel explicativo con



enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, adoptaron la prueba de hipótesis t-student. Realizaron análisis para tres clases diferentes de resistencia a la compresión (20, 30 y 40 MPa) y cuatro categorías de agregados gruesos ( $D_{max}$  9.5, 12.5, 19 y 25 mm). Se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones: a) influencia de la distorsión dimensional de los áridos en la resistencia a compresión; b) pruebas de hipótesis entre las medias de resistencia; c) uso de coeficientes de predicción con fiabilidad estadística para corregir la distorsión dimensional de los áridos; y d) influencia del efecto pared según tamaños de especímenes. Los resultados mostraron que los especímenes reducidos y los estándares tienen resistencias a la compresión variables de acuerdo al TM del agregado utilizado, y que los especímenes reducidos presentaron una mayor variabilidad en los resultados. Concluyeron que, es factible el uso de muestras cilíndricas de menor tamaño y que se deben de hacer mediciones de resistencia para su uso, esto reduciría de manera significativa el costo, la mano de obra y el desperdicio de material. Añade que, es importante tomar en cuenta el tamaño máximo ( $D_{máx}$ ) del agregado ya que este, puede afectar la homogeneidad del concreto y potencialmente, la resistencia.

Salman et al. (2020) estudiaron el efecto de las dimensiones y formas de los especímenes de concreto bajo diferentes cantidades de superplastificante en las propiedades del concreto. Su estudio es de tipo puro con enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental y tuvo una muestra de 80 especímenes. Prepararon cubos, prismas y especímenes cilíndricos para someterlos a cuatro pruebas experimentales: resistencia a la compresión, impacto, abrasión y flexión. Además, se utilizan cuatro aditivos preparados con diferentes cantidades de superplastificante: 0.0, 0.50, 1.00 y 1.50 %, respectivamente, como porcentaje del



contenido de peso de cemento. Los resultados obtenidos de esta investigación evidenciaron una mayor resistencia a la compresión obtenida de los cubos de 70mmx70mm y los cilindros de 100mmx200mm, en comparación a los cubos de 100mmx100mm y los cilindros de 150mmx300mm. Concluyendo que independientemente del tamaño del espécimen, se obtuvieron resistencias más altas de los cubos en comparación a los cilindros; adicionalmente, el incremento del tamaño de las probetas produjo una disminución en la resistencia obtenida. Además, concluyeron que, una dosis más alta de superplastificante resultó en aumentos del 910 % en la resistencia al impacto y mejoraron la resistencia a la flexión en un 56.5 %.

Gyurkó y Nemes (2020) abordaron el impacto del tamaño y la forma en la resistencia a la compresión de concreto. Su investigación de tipo pura con enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental y nivel correlacional tuvo como muestra un total de 90 especímenes entre formas cúbicas y cilíndricas. Diseñaron mezclas de cinco resistencias diferentes, todas ellas dentro de las resistencias 20MPa a 60MPa (concretos de resistencia normal) utilizando agregado de TM igual a 16mm. Se fabricaron especímenes de diferentes tamaños en forma de cubo (longitud de arista: 50 a 200 mm) y en forma de cilindro (diámetro: 60 a 150 mm) a partir de todas las mezclas. Como resultado de su investigación, derivaron una ecuación para estimar la resistencia a la compresión del espécimen de tamaño variable. Los parámetros de la ecuación se optimizaron utilizando el método de mínimos cuadrados no lineales con la función de costo SSE (suma de errores cuadrados) basada en datos de medición. Concluyeron que, existe una muy buena correlación entre resultados de cilindros con distintos diámetros, pero que existe una mayor desviación en los resultados de muestras pequeñas. Concluyen, también, que el



efecto del tamaño es más evidente en concretos con resistencias menores a 25 MPa debido a la reducción de la homogeneidad en las probetas.

Zabihi y Eren (2014) llevaron a cabo un estudio detallado sobre especímenes en concreto con dos niveles de resistencia, distintas formas, tamaños y dos condiciones de curado (al aire y en agua). Esta investigación pura cuantitativa, se desarrolló en un nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. El enfoque principal de esta investigación radicó en la determinación de factores de conversión para las resistencias a la compresión de diferentes tipos de especímenes. Además, se elaboraron gráficos que representaban los factores de conversión en relación con el área de la sección transversal de los mismos especímenes, y se llevaron a cabo análisis de regresión. Los resultados de este estudio muestran tendencias diversas según el tamaño del espécimen, relación agua/cemento de la mezcla y las condiciones de curado a las que se sometieron los especímenes. Los hallazgos realizados, los llevaron a concluir que, la resistencia del concreto no solo depende de su forma y tamaño, sino que también es significativamente influenciada por las condiciones de curado.

Guillén et al. (2013) evaluaron la utilización de probetas de dimensiones 10,6mx21,2cm comparando su resistencia a compresión simple con la obtenida de probetas de dimensiones 15cmx30cm, esta comparación se realizó para las edades de 7 y 28 días. Este estudio de tipo básico con enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental y nivel correlacional tomó como muestra un total de 60 especímenes entre cilíndricos y prismáticos. A partir de las resistencias obtenidas, calcularon factores de correlación (K) para corregir los resultados de las probetas de (10,6x21,2) cm, estos factores resultaron entre 1.13 a 1.17; concluyendo que,



uno de los motivos de la menor resistencia obtenida en probetas de diámetro 10,6cm es la dificultad de compactación que se produce debido al tamaño máximo nominal del agregado igual a 1". Asimismo, concluyeron que, la resistencia a la compresión de las probetas de (10,6x21,2) cm disminuye en más del 50% al ser ensayadas con platos retenedores de neopreno de diámetro 15,7 cm.

Mondragón (2010) determinó correlaciones entre especímenes de concreto de dimensiones 15x30cm y de 10x20cm. Este estudio de tipo básico con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño cuasiexperimental contó con una muestra total de 300 especímenes. Su estudio fue realizado en concreto de resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , para ello, mantuvo constante el mf del agregado fino e hizo variar el tamaño máximo del agregado grueso tomando valores de 1",  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ ". Menciona que el uso de probetas de menor tamaño brinda ventajas tales como su facilidad de manipulación, menor posibilidad de sufrir daños, menor esfuerzo de la máquina de compresión para la realización de ensayos, menor espacio requerido para el proceso de curado y almacenamiento. En sus resultados observó que la resistencia de probetas de 10x20cm es menor hasta en un 25% en relación a las de 15x30cm a la edad de 28 días y hasta 30% menor a los 90 días para el concreto elaborado con agregado de TM de 1". Esta diferencia es menor en los especímenes de concreto con agregado de  $TM=\frac{3}{4}$ ", existiendo una variación de 5% a la edad de 28 días. Del mismo modo, concluye que a medida que se reduce el tamaño máximo del agregado grueso, esta diferencia se reduce al punto de que se invierte a la edad de 90 días para el concreto elaborado con agregado de  $TM=\frac{1}{2}$ ".



Talaat et al. (2021) en su artículo tuvieron como objetivo hacer una revisión al conocimiento actual sobre la resistencia a compresión y el efecto que produce en ella: las dimensiones de los especímenes, su forma y la fricción que se genera en los extremos de los mismos. Estos factores no solo afectan los fenómenos observados durante las pruebas, sino que también interactúan entre sí de manera significativa, lo que subraya la importancia de entender su influencia mutua. Su estudio es de nivel exploratorio ya que solamente realizó una recopilación de varios autores. Para ello, hicieron una revisión profunda de material científico relacionado a los aspectos mencionados. Sugiere la reducción de la fricción como una medida para minimizar la variabilidad en la resistencia del material. La disminución de la fricción también puede ser una estrategia útil para llevar a cabo pruebas de especímenes más pequeños con mayor confiabilidad. Con respecto al tamaño de las muestras, concluyeron que, las distintas normativas deberían de incorporar el efecto que produce el tamaño sobre la resistencia obtenida y que aún existe debate sobre dicho efecto en concretos de alta resistencia. También concluyeron que no existe una relación totalmente definida entre la forma de los especímenes y la resistencia obtenida y que se debe tener cuidado al tomar factores de correlación. (Talaat et al.,2021)

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Breña (2020) en su trabajo de investigación analizó la manera en la que el tamaño de una muestra de concreto y el tipo de material de los moldes inciden en la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ Kg/cm}^2$ . Para tales fines utilizó moldes de PVC y moldes metálicos, las probetas fueron ensayadas a diferentes edades de 3, 7, 14 y 28 días; la investigación



presenta un diseño cuasiexperimental con enfoque cuantitativo de nivel explicativo y muestreo no probabilístico que contó con un total de 120 probetas cilíndricas. En sus resultados obtuvo gráficos de comparación entre las resistencias obtenidas según el material del molde que se utilizó y el tamaño, a través de su prueba estadística determinó de que sí existía diferencia entre las resistencias. Concluyó que las briquetas elaboradas en moldes metálicos brindan mayores resultados en comparación a los moldes de PVC independientemente del tamaño. Añadió que, en todos los casos, las probetas de 4''x8'' brindaban resultados menores en comparación a las de tamaño 6''x12''.(Breña, 2019)

Aviles (2021) llevó a cabo una investigación con el propósito principal de evaluar la correlación y grado de confiabilidad de resultados de resistencia a la compresión de concreto con  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la localidad de Castrovirreyna. Esta investigación de tipo aplicada, nivel correlacional con diseño cuasiexperimental, tomó como población probetas cilíndricas de 15cmx30cm y núcleos diamantados de 10cmx20cm, contó con muestreo no probabilístico de 36 especímenes, aplicando el análisis estadístico de Pearson. Se emplearon tres métodos de ensayo: el esclerómetro digital, la prensa de rotura y la extracción de núcleos diamantados. Los resultados revelaron una correlación lineal muy fuerte entre la resistencia obtenida del esclerómetro digital y los núcleos de 10 cm ( $R^2 = 0.9970$ ). Asimismo, encontró una correlación significativa entre la resistencia de núcleos diamantados de 10 cm y la rotura de probetas de 15 cm x 30 cm ( $R^2 = 0.9998$ ) obteniendo una relación lineal de  $f'_c(15x30) = 1.0401 * f'_c(15x30)$  donde las briquetas de 15cmx30cm ofrecieron mayores resistencias. Concluyó que, existe una relación bastante fuerte entre los resultados de la esclerometría, los núcleos diamantados de 10cmx20cm y las probetas de 15cmx30cm. Añadió que,



los resultados indican que el método del esclerómetro digital es una opción confiable para la evaluación de la resistencia del concreto en campo, dado su carácter no destructivo y su relativo bajo costo.

Perez (2015) analizó la influencia del tamaño del molde en la resistencia a la compresión del concreto, su estudio se centró en el concreto de resistencia  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ; para su propósito utilizó moldes cilíndricos de dimensiones 6''x12'', 3''x6'' y 2''x4'' y molde cúbico de dimensiones 6''x6'' haciendo uso de agregados con tamaños máximos de 1/2'', 3/8'', 3/4'' y 1''. Este estudio presenta un enfoque cuantitativo, de tipo básico, diseño cuasiexperimental transversal contó con un muestreo no probabilístico por conveniencia. Como parte de sus resultados encontró que, las probetas de 6''x12'' elaboradas con agregado de tamaño 1/2'' alcanzó resistencias de hasta 337.68kg/cm<sup>2</sup> y que las probetas de 3''x6'' y 2''x4'' no alcanzaban las resistencias para las que fueron diseñadas. De su estudio concluyó que, para todos los casos, las probetas de 6''x12'' ofrecieron mejores resultados en comparación al resto. Concluyó, además, que los valores de resistencia de los especímenes cilíndricos de 3''x6'' elaborados con agregado de tamaño máximo de 1'' son menores hasta en 35 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al resultado de las muestras de 6''x12''; añadiendo que, los concretos elaborados con agregado de menor tamaño (3/8'') alcanzan mayores resistencias.

Aguirre (2018) en su investigación de nivel correlacional, enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental, con muestreo no probabilístico de 45 briquetas de 4''x8'', 45 de 6''x12'' y 30 núcleos diamantados de 4'' obtenidos de losas de concreto, determinó el tipo de correlación que existe entre la resistencia de compresión de concreto con relaciones  $a/c = 0.40$ ,  $a/c=0.50$  y



$a/c=0.60$ , para obtener valores de resistencias de compresión más reales. En sus resultados, determinó una función con la cual se puede corregir resultados de ensayos a la compresión practicados a muestras de tamaños 4''x8'' y de 6''x12'' con respecto a la resistencia que obtuvo de núcleos diamantinados a la que denominó resistencia real, notándose mayores resistencias en los especímenes de 4''x8''. De su trabajo, concluyó que, existen correlaciones cuadráticas muy fuertes entre los resultados de especímenes de 6''x12'' y los núcleos diamantinados de 4''x8'', sucediendo lo mismo con las muestras moldeadas de 4''x8''.

García (2022) llevó a cabo una investigación de tipo básica con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y muestreo no probabilístico por conveniencia; en la que diseñó tres diferentes combinaciones de concreto, cada una de ellas con relaciones agua-cemento de 0.45, 0.50 y 0.55, haciendo un total de 401 muestras. Utilizando dichas proporciones, se fabricaron probetas cilíndricas de 4"x8" y 6"x12", que posteriormente fueron sometidas a pruebas de compresión axial tanto a los 7 como a los 28 días. Empleó cemento tipo V, mientras que los agregados fueron analizados a través del método de "agregado global". Los resultados obtenidos mostraron que la resistencia promedio a la compresión a los 28 días varió de la siguiente manera: para la relación agua-cemento de 0.45, tanto en las probetas de 6"x12" como en las de 4"x8", se obtuvieron valores de 388.57 y 421.66 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, respectivamente. En el caso de la relación  $a/c$  de 0.50, los especímenes de 6"x12" y 4"x8" alcanzaron valores de 376.47 y 390.31 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por último, para la relación agua-cemento de 0.55, los testigos de 6"x12" y 4"x8" registraron valores de 327.34 y 343.19 kg/cm<sup>2</sup>



respectivamente. Concluyó que, existe una correlación lineal entre las resistencias a la compresión de ambos tamaños de muestra. (García, 2022)

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. El concreto**

#### **2.2.1.1. Definición**

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.(Pasquel, 1998). El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. (Abanto, 1997)

**CONCRETO=CEMENTO PORTLAND+AGREGADOS+AIRE+AGUA**

La excelencia del hormigón se encuentra influenciada por la excelencia tanto de la pasta como del agregado, y por la calidad de su unión. Cuando se prepara el hormigón de manera adecuada, cada partícula de agregado queda completamente recubierta por la pasta y todos los huecos entre las partículas son rellenados por completo con la pasta.(Kosmatka et al., 2004)



### **2.2.1.2. Tipos de concreto**

El concreto puede ser clasificado en tres categorías basadas en su peso unitario. El concreto normal, el cual es el más utilizado en propósitos estructurales, contiene arena natural y grava o agregados de roca triturada y tiene un peso aproximado de 2400 kg/m<sup>3</sup>. Para aplicaciones que requieren una mayor relación de resistencia a peso, se puede reducir el peso unitario del concreto mediante el uso de ciertos agregados naturales o piro-procesados que tienen una densidad de masa más baja, este tipo de concreto se conoce como concreto ligero y su peso unitario es menor de 1800 kg/m<sup>3</sup>. Por otro lado, el concreto pesado se utiliza en aplicaciones como escudos contra radiación y está compuesto por agregados de alta densidad, pesando en general más de 3200 kg/m<sup>3</sup>.(Mehta & Monteiro, 1998).

### **2.2.1.3. Componentes del concreto**

El hormigón, utilizado en varios países de Ibero-América, está hecho de una mezcla de materiales como cemento, agua y áridos. También se pueden agregar aditivos (hasta un 35% del peso de cemento, dependiendo del tipo de aditivo) y adiciones (hasta un 5% del peso de cemento). (Hernández & Gil, 2007). El volumen absoluto del cemento oscila entre el 7% y el 15%, mientras que el volumen de agua se encuentra entre el 14% y el 21%. Por otro lado, el contenido de aire atrapado varía del 4% al 8% del volumen total.(Kosmatka et al., 2004)



#### a. **Cemento**

El término "cemento Portland" se refiere a un cemento que se produce mezclando íntimamente materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina y óxido de hierro, quemándolos a una temperatura de clinker y moliendo el cemento resultante. No se puede agregar ningún material después de la combustión, excepto yeso, agua y auxiliares de molienda, según las definiciones de las normas británicas originales, europeas y americanas. (Neville & Brooks, 2010)

El cemento portland hidráulico, que posee propiedades adhesivas y cohesivas, tiene la capacidad de unir los agregados para formar el concreto. Estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar. (Guzmán, 2001)

- **Características químicas del cemento.** Al ser una combinación de varios compuestos, resulta poco práctica la representación del cemento como una fórmula química, pero se puede mencionar los siguientes componentes que representan más del 90% del cemento en peso. (Abanto, 1997)
  - Silicato tricálcico.
  - Silicato dicálcico.
  - Aluminato tricálcico.



- Aluminio ferrita tricálcica.
  - Óxido de magnesio (MgO). Du (2005) nos dice que la adición química de MgO fue desarrollada en cementos utilizados en la construcción de presas en China, por su excelente efecto compensador de la retracción que genera en el concreto. Este efecto en su mayoría se genera en edades posteriores a los 7 días, lo cual reduce la aparición de grietas y permite acelerar la construcción cuando se trata de volúmenes grandes de concreto.
  - Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>). Un estudio realizado por Zayed et al. (2004) para el Florida Department of Transportation reveló a través de sus mediciones realizadas a lo largo de 360 días que, un incremento de SO<sub>3</sub> mayor al 3% resulta en una pérdida de resistencia significativa cuando el sistema se encuentra expuesto a la acción del sulfato de sodio, siguiendo un patrón de mayor pérdida a mayor contenido de SO<sub>3</sub> y silicato tricálcico.
  - Pérdida por ignición. Según Kosmatka et al. (2004), la pérdida por ignición (también conocida como pérdida por calcinación o pérdida al fuego) del cemento Portland se determina calentando una muestra de cemento con masa conocida a una temperatura de 900°C a 1000°C, hasta que se obtenga la constancia de masa
- **Características físicas del cemento**
    - Peso específico. La norma técnica NTP334.090 no brinda valores mínimos o máximos de peso específico para el cemento.



- Tiempo de fraguado. El inicio del fraguado de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado temprano y el final del fraguado no debe ocurrir muy tarde. Los tiempos de fraguado indican si la pasta está o no sufriendo reacciones normales de hidratación. El sulfato (del yeso u otras fuentes) en el cemento regula el tiempo del fraguado, pero este tiempo también se afecta por la finura, relación agua-cemento y cualquier aditivo empleado. (Kosmatka et al., 2004)
- Contenido de aire en mortero (%). El congelamiento del agua dentro del concreto genera un aumento del volumen del mismo y el descongelamiento provoca la liberación de esfuerzos desencadenando contracciones, todo este proceso puede traducirse en fisuración. (Pasquel, 1998). Si un elemento estructural no va a estar continuamente húmedo, expuesto a sales descongelantes es razonable el empleo de valores mínimos de contenido de aire. (Lopez, 1992)

#### **b. Agua**

El agua utilizada para el hormigón debe estar limpia y libre de suciedad o materia orgánica. El agua que contiene incluso pequeñas cantidades de ácido puede tener un grave efecto nocivo sobre el hormigón. La presencia de aceite genera que el fraguado sea más lento y se reduzca la resistencia. En términos generales, si el agua es potable, es satisfactoria para la producción de un buen hormigón. (Kett, 2009)



Las tres funciones principales del agua de mezcla en el concreto son: facilitar la hidratación del cemento, mejorar la trabajabilidad de la mezcla y proporcionar la estructura de poros necesaria en la pasta para el desarrollo de los productos de hidratación. (Pasquel, 1998)

### **c. Agregados**

El agregado puede ser definido como un material granular, ya sea natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada o escoria de alto horno, que se combina con un agente cementante para formar concreto o mortero hidráulico, según lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones de 2016.

El hormigón se compone principalmente de agregados. Fortalecen el hormigón, disminuyen la contracción y benefician la economía. Los agregados se pensaban antiguamente como materiales químicamente inertes, pero ahora se sabe que algunos de los agregados son químicamente activos y que algunos exhiben enlaces químicos en la interfaz del agregado y la pasta. El impacto de los agregados sobre las diferentes características y propiedades del hormigón es significativo, ya que representan entre el 70 y el 80 por ciento del volumen del hormigón. (Shetty & Jain, 2019)

La cantidad, el tipo, la textura de la superficie y la gradación del tamaño del agregado tienen un impacto significativo en el comportamiento de la fluidez, cohesivo y reológico del hormigón fresco. La selección del agregado debe ajustarse al tipo de estructura que se construirá. (Li et al., 2022)



- **Agregado fino.** El agregado fino se refiere a aquel que resulta de la desintegración natural o artificial de la roca y que es capaz de pasar por un tamiz de 9.5 mm (3/8"), según lo establecido en el RNE de 2016.
- **Agregado grueso.** Se define como el material que queda atrapado en el tamiz ITINTEC de 4.75 mm (N°4), y puede estar compuesto por grava natural, piedra triturada, agregados metálicos naturales o artificiales. (Lopez, 1992)

#### 2.2.1.4. Propiedades del concreto

##### a. Propiedades del concreto fresco

- **Trabajabilidad.** En síntesis, la trabajabilidad del concreto se puede entender como la energía interna requerida para lograr una compactación total. Este trabajo interno se refiere a la energía necesaria para vencer la fricción interna entre las partículas individuales del concreto. Sin embargo, en la práctica, es necesario emplear energía adicional para superar la fricción en la superficie del concreto con el encofrado o el refuerzo. En otras palabras, la trabajabilidad se refiere a la facilidad con la que el concreto puede ser manejado y compactado durante su colocación. (Neville & Brooks, 2010)
- **Segregación.** La segregación se refiere a la separación o acumulación desigual de los componentes de la mezcla de hormigón, agregados o sustancias similares, lo que puede resultar en una dosificación



irregular en la masa. Esto se produce debido a una distribución no uniforme de los componentes en la mezcla. (ACI, Terminología del cemento y el hormigón)

- **Exudación.** Se puede conceptualizar como el desplazamiento del agua de mezcla dentro de un mortero o concreto fresco, o la liberación de esta agua desde la masa fresca. Este proceso es resultado de la sedimentación de los materiales sólidos en la mezcla, y a veces se denomina "ganancia de agua". (ACI, Terminología del cemento y el hormigón)

#### b. **Propiedades del concreto endurecido**

- **Resistencia a la compresión del concreto.** La resistencia se refiere al esfuerzo máximo que el concreto puede soportar sin fracturarse, y es un indicador de la calidad del material. La resistencia en compresión es comúnmente utilizada como una medida de la capacidad del concreto para soportar cargas compresivas sin fallar. (Lopez, 1992)
- **Factores de variación de resistencia a la compresión simple**
  - Relación agua/ cemento. Para relaciones agua/cemento altas, con valores cercanos a la unidad, las resistencias disminuyen hasta llegar a cero. (Hernández y Hernández, 2014)
  - Tipo de cemento. Varios estudios y la experiencia de construcción han demostrado que hay una relación cercana entre la fuerza de un tipo de cemento específico según el proceso

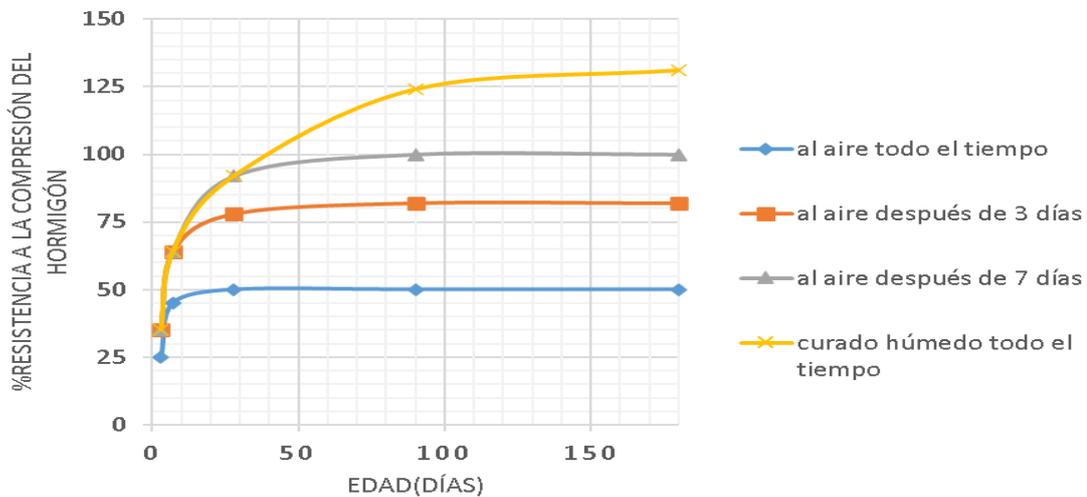


normalizado (norma NTC 220) y la fuerza del concreto hecho con ese cemento. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente los posibles efectos sobre las propiedades del concreto endurecido antes de intercambiar diferentes marcas de cemento, incluso si son del mismo tipo.(Rivera, 2013)

- Método de curado. Si el concreto no se cura adecuadamente durante las primeras horas de su vida, esto puede resultar en una reducción significativa de la fuerza que alcanzan los testigos después de 28 días. El método más fiable para el curado de las muestras recién moldeadas es sumergirlas en agua saturada de cal y mantenerlas en un ambiente controlado. En caso de que el uso de piscinas no sea posible en el laboratorio, es esencial garantizar una humedad constante y visible en todas las caras de las muestras. Esto se puede lograr mediante sistemas automáticos de humectación.(Holmgren et al., 2005)

**Figura 1**

*Influencia del curado en la resistencia a compresión del concreto*



Nota: El gráfico muestra que los especímenes sometidos a curado sumergido todo el tiempo sobrepasan el 125% de su resistencia de diseño, del mismo modo, los especímenes expuestos al aire todo el tiempo, solo alcanzan el 50% de su resistencia de diseño. Adaptado de “Procedimientos para pronosticar la resistencia del hormigón a 28 días desde las edades tempranas,” por I. de la Roz Martínez, R.A.P. Martínez y F.M.M. López, 2020, *Revista Ciencia y Construcción*, 1(2), p. 24

- Temperatura de curado. Cuando el concreto se expone al aire, la pérdida de humedad impide que el cemento se hidrate completamente, lo que disminuye la resistencia final del material. Aunque el concreto curado en verano o en un clima tropical puede presentar una resistencia inicial mayor, se espera que su resistencia final sea menor en comparación con el concreto curado en invierno o en un clima más frío. (De La Roz Martínez et al., 2020)

**Tabla 2***Resistencia a la compresión según edad y temperatura*

Temperatura (°C)	Tiempo (días)				
	3	7	14	21	28
10	25%	40%	63%	76%	82%
23	34%	52%	76%	91%	100%
35	40%	60%	87%	102%	100%

Nota: Adaptado de “Resistencia del Concreto” por G. Rivera, 1992, *Concreto Simple, I*

## 2.2.2. Control de calidad del concreto

### 2.2.2.1. Definición de control de calidad

Es un conjunto de actividades que se realizan para asegurar que el producto cumpla con los requisitos especificados. El control de calidad se enfoca en la detección y corrección de defectos en los productos o servicios. (ISO 9000, 2015)

Para asegurar la calidad en la producción del concreto, es importante considerar que está compuesto por cuatro ingredientes básicos (cemento, agua, arena y grava) y uno opcional (los aditivos), cuyas propias calidades individuales deben ser objeto de control. (González & Pérez, 2023)

### 2.2.2.2. Calidad de los materiales

- **Agua.** A menudo se cree que el agua potable es adecuada para hacer concreto, pero esto no es del todo cierto. En algunas plantas de tratamiento, se agregan sustancias como sulfato, aluminio y cloro que pueden interferir con el fraguado del cemento, corroer el acero de



refuerzo y causar manchas en el concreto. El agua que es apta para mezclar o curar concreto no necesariamente es segura para beber. Si el agua proviene de fuentes desconocidas, es recomendable analizarla periódicamente para asegurarse de que no haya cambios en el pH o impurezas con el tiempo. (Osorio, 2004)

- **Agregados.** Dado que los agregados constituyen alrededor del 60% al 75% del volumen total del concreto, es esencial seleccionarlos adecuadamente. Es fundamental que los agregados estén formados por partículas con una resistencia mecánica adecuada, capaces de soportar las condiciones de exposición y libres de materiales que puedan causar daño al concreto. La granulometría continua de las partículas es deseable para lograr un uso eficiente de la pasta. En este texto, se supone que se están utilizando agregados apropiados, a menos que se indique lo contrario. (Kosmatka et al., 2004)

### 2.2.2.3. Control del diseño de mezcla

Antes de utilizar la mezcla de concreto en los procedimientos de diseño, es necesario realizar pruebas para determinar los parámetros estadísticos básicos, como la media y la desviación estándar. El ACI-214 y ACI-318 presentan un procedimiento claro para este propósito, además de verificar los índices de alcalinidad y cloruros, entre otros aspectos. (Patiño & Méndez, 2017)

Según el ACI Committe 211 (2011), el diseño de mezclas de concreto es un proceso que consiste en la selección de ingredientes disponibles y la determinación de sus cantidades relativas para producir



una mezcla que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia.

#### **2.2.2.4. Control durante la producción del concreto**

Según Osorio (2004), las propiedades del concreto en obra no pueden ser obtenidas directamente del concreto en estado fresco, ya que las características de los elementos estructurales de concreto se ven afectadas por las prácticas constructivas en la obra. A pesar de esto, el control de calidad en estado fresco es la única herramienta disponible para tomar decisiones rápidas durante la producción y colocación de concreto, tomando en consideración:

- Trabajabilidad
- Segregación
- Exudación

#### **2.2.2.5. Control de resistencia a la compresión**

El control de calidad del concreto tiene como uno de sus pilares fundamentales la determinación de la resistencia a la compresión simple, este proceso va desde el muestreo de los especímenes hasta su ensayo en laboratorio.

- **Muestreo y elaboración de especímenes.** La norma ACI 318-08, nos indica que para una determinada prueba de resistencia deben de fabricarse y someterse a curado mínimamente dos muestras cilíndricas de dimensiones 150mmx300mm o en su defecto, tres muestras de



dimensiones 100mmx200, las que serán fracturadas a los 28 días o la edad establecida para determinar la resistencia a la compresión del concreto. Asimismo, la norma ASTM C 192, precisa que, para la fabricación de cilindros para pruebas a compresión, elasticidad, fluencia y la tracción por división. Los cilindros pueden ser de diferentes tamaños, pero se requiere un diámetro mínimo de 2 pulgadas y una longitud mínima de 4 pulgadas. Si se quiere comparar o correlacionar los resultados de las pruebas con cilindros hechos en campo, se deben usar cilindros de 6 por 12 pulgadas.

- **Curado de especímenes de concreto.** La palabra "curado" se usa de dos maneras en relación al concreto de cemento hidráulico. En primer lugar, describe el proceso natural de maduración del concreto que resulta en propiedades mecánicas típicas del material endurecido. En segundo lugar, se refiere a las medidas a tomar para conservar el concreto húmedo y en un rango de temperatura adecuado para promover la hidratación del cemento. El tiempo de curado en el primer sentido se refiere al tiempo necesario para que ocurran las reacciones químicas entre el cemento y el agua sin intervención, mientras que en el segundo sentido se refiere al tiempo durante el cual se realizan acciones específicas para mantener el concreto en condiciones óptimas de humedad y temperatura, como añadir agua, cubrirlo del medio ambiente, calentarlo, etc. (Solís & Moreno, 2005).
- **Refrentado de especímenes de concreto.** El refrentado de muestras de concreto tiene la finalidad de proporcionar superficies planas y



paralelas, mismas que serán destinadas a aplicación de carga. Es así que el refrentado se puede realizar de dos formas.

- Refrentado adherido (NTP 339.037). El refrentado adherido puede realizarse utilizando diversos materiales tales como: mortero de azufre, pasta de cemento y pasta de yeso-cemento.
  - Refrentado no adherido (NTP 339.216). El refrentado no adherido se realiza con la utilización de almohadillas de neopreno contenidas en platos de retención.
- **Ensayo a compresión simple de especímenes.** Según la norma ASTM C 39, el método de prueba para determinar la resistencia a la compresión consiste en proveer una carga compresiva a los cilindros a una velocidad específica hasta que se genere la ruptura. La resistencia a la compresión se determina dividiendo la carga máxima alcanzada durante la prueba entre el área transversal. En resumen, se trata de un procedimiento para medir la capacidad de un material para resistir una carga compresiva. Asimismo, nos insta a tener mesura al analizar los resultados de pruebas de resistencia a la compresión, ya que la resistencia no es una propiedad intrínseca de los materiales utilizados en su fabricación. En su lugar, los resultados dependerán de varios factores, como el tamaño y forma de la muestra, los procedimientos de mezcla, los procesos de fabricación, así como la temperatura y humedad durante el curado. En resumen, la resistencia a la compresión debe ser interpretada con precaución.



- **Equipo de ensayo**

- Prensa de concreto. La máquina necesaria para la tarea debe tener la capacidad adecuada para soportar la carga que se aplica a la superficie de la muestra. Además, es esencial que pueda mantener una velocidad constante y sin interrupciones, y que la fuente de energía utilizada no sea de origen manual. (NTP 339.034)
- Bloques de acero. Los bloques proporcionan una distribución uniforme de la carga en la parte superior e inferior del núcleo. Uno de los bloques debe estar conectado a una rótula para que pueda adaptarse correctamente a la superficie superior de la muestra, mientras que el otro debe estar en un bloque rígido para que la muestra quede rigidizada en una zona horizontal. (NTP 339.034)

- **Procedimiento de ensayo.** Para iniciar el ensayo, el bloque de rotura inferior debe colocarse con la cara endurecida hacia arriba sobre la superficie de la prensa de ensayo, justo debajo del bloque de apoyo. Luego, el espécimen se coloca sobre este bloque inferior de rotura. En caso de usar almohadillas, es esencial limpiar las superficies del cojinete del anillo de retención y centrar cuidadosamente las almohadillas sobre el espécimen. Finalmente, se requiere alinear con precisión los ejes del espécimen con el centro de empuje de la rótula del bloque de asiento esférico antes de comenzar el ensayo. La carga aplicada debe de ser constante y evitar el impacto. Durante el ensayo, se debe aplicar la carga a una velocidad medida desde la platina hasta

la cruceta, que corresponda a una velocidad de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s. Es importante mantener esta velocidad de movimiento diseñada durante al menos la mitad final de la fase de carga prevista

- **Tolerancia de ensayo.** Las normas técnicas ASTM C39 y NTP 339.034 precisan que, todos los cilindros de prueba correspondientes a una edad de ensayo específica deberán ser fracturados, siguiendo las tolerancias permisibles siguientes:

**Tabla 3**

*Tolerancia permisible para el ensayo de compresión simple*

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
24 hr	$\pm 0.5$ hr o 2,1 %
3 días	$\pm 2$ hr o 2,8 %
7 días	$\pm 6$ hr o 3,6 %
28 días	$\pm 20$ hr o 3,0 %
90 días	$\pm 48$ hr o 2,2 %

Nota: Adaptado de ASTM C 39

- **Desviación estándar permisible.** La norma ACI-214R, nos brinda parámetros de desviación de los resultados para grupos de control, la Tabla 4 nos muestra dichos parámetros.



**Tabla 4**

*Estándar de control de ACI-214R para dispersión entre testigos*

Clase	Desviación para diversos grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Deficiente
<b>Concreto en obra</b>	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
<b>Concreto en laboratorio</b>	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Nota: Adaptado de ACI-214R (2011)



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Puno de la provincia y región del mismo nombre, que se encuentra ubicada en una posición geográfica que se extiende desde los  $13^{\circ}66'00''$  hasta  $17^{\circ}17'30''$  de latitud sur y desde los  $71^{\circ}06'57''$  hasta los  $68^{\circ}48'46''$  de longitud oeste.

#### 3.2. PERIODO Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo desde mayo a agosto de 2023 teniendo una duración de 4 meses.

#### 3.3. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández et al. (2014), el diseño de investigación representa la planificación estratégica que se lleva a cabo con el fin de obtener la información requerida para abordar la problemática de la investigación.

##### 3.3.1. Enfoque de la investigación: cuantitativo

Según Borja (2016), el enfoque es cuantitativo ya que implica la recolección de datos medibles numéricamente y, por ende, la utilización de pruebas estadísticas para definir el comportamiento y la comprobación de supuestos.



### **3.3.2. Tipo de investigación: aplicada**

Según Arias (2012) la investigación se caracteriza por ser de tipo aplicativo, dado que puede emplearse directamente para abordar problemas prácticos de forma inmediata.

### **3.3.3. Nivel de la investigación: explicativo**

Para Borja (2016) el nivel investigativo del presente trabajo es explicativo, debido a que va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o de establecer relación entre variables, busca explicar por qué ocurre un fenómeno y las condiciones en las que se da y porqué se relacionan dos o más variables.

### **3.3.4. Según el tiempo de estudio: transversal**

Para Hernández et al. (2014) la investigación es transversal, debido a que se tomaron datos en un único tiempo, teniendo como objetivo describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

### **3.3.5. Diseño de la investigación: cuasiexperimental**

Para Borja (2016) la presente investigación tiene un diseño cuasiexperimental, debido a que los sujetos, en este caso: especímenes de concreto no fueron asignados aleatoriamente en los grupos de estudio, fueron conformados previamente según los requerimientos de ensayo.

## **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

- Población: El universo poblacional está comprendido por testigos de concreto de dimensiones 100mmx200mm y de 150mmx300mm de resistencias  $f^c=175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$  elaborados en la ciudad de Puno.

- Muestra: La técnica de muestreo en el presente trabajo es no probabilística por conveniencia tomando en consideración la norma técnica E.060. Concreto armado, que nos indica que se considera como un ensayo de compresión simple el promedio de dos probetas de 15cmx30cm o de tres probetas de 10cmx20cm. Para la presente investigación se elaboraron 138 especímenes descritos en la Tabla 5 y Tabla 6.

**Tabla 5**

*Muestra de estudio*

Cemento	Tamaño de probeta	Resistencia a la compresión	Número de especímenes			Total
			7 días	14 días	28 días	
A	100mmx200mm	175 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	100mmx200mm	210 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	100mmx200mm	280 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	150mmx300mm	175 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	150mmx300mm	210 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	150mmx300mm	280 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
B	100mmx200mm	175 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	100mmx200mm	210 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	100mmx200mm	280 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	150mmx300mm	175 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	150mmx300mm	210 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
	150mmx300mm	280 kg/cm <sup>2</sup>	3	3	3	9
<b>TOTAL=</b>						<b>108</b>

Nota: Elaboración Propia

Asimismo, con la finalidad de determinar la influencia del tamaño del plato retenedor en la resistencia a la compresión simple, se ensayaron 30 especímenes de 100mmx200mm, a la edad de 28 días, agrupados de la forma siguiente:

**Tabla 6***Muestras para ensayos con platos de 10cm y 15 cm de diámetro*

<b>Diámetro de platos de ensayo</b>	<b>f'c=175 kg/cm2</b>	<b>f'c=210 kg/cm2</b>	<b>f'c=280 kg/cm2</b>
10 cm	5	5	5
15 cm	5	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

Nota: Elaboración Propia

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico fue realizado en el programa informático Excel.

#### 3.5.1. PRUEBA DE NORMALIDAD

Una forma común de verificar si los valores muestrales de una variable dependiente siguen una distribución normal es mediante la realización de pruebas empíricas. Las pruebas de Shapiro-Wilks y Kolmogorov-Smirnov son dos de las pruebas más populares para este propósito. La prueba de Shapiro-Wilks se utiliza cuando el tamaño de la muestra es igual o inferior a 30, mientras que la prueba de Kolmogorov-Smirnov se utiliza para muestras de mayor número.

##### 3.5.1.1. Test de Shapiro Wilk

Para el desarrollo del test de normalidad de Shapiro-Wilk, se hizo uso de las expresiones siguientes:

$$b = \sum ai(y_{n-i+1} - y_i)$$

$$s^2 = \sum y_i^2 - n\bar{y}^2$$

$$W_c = \frac{b^2}{s^2}$$



$a_i$  : *coeficientes técnicos de Shapiro – Wilk (Anexo 3)*

$S^2$  : *varianza*

$W_c$  : *estadístico de prueba de Shapiro – Wilk calculado*

$W_t$  : *valor crítico de Shapiro – Wilk obtenido de tabla (Anexo 3)*

### 3.5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Las hipótesis son evaluadas mediante pruebas empíricas para determinar si los resultados de la investigación las apoyan o refutan. En realidad, no es posible demostrar que una hipótesis es verdadera o falsa, sino que se puede argumentar si fue respaldada o no de acuerdo con los datos obtenidos y análisis realizados en el estudio. Este enfoque es válido para el contexto específico en el que se llevó a cabo la investigación, incluyendo los casos, lugar y tiempo. (Hernández & Mendoza, 2018)

#### 3.5.2.1. Test de t-student

La prueba t-student consiste en el cálculo de un valor t a partir de los datos con los que se cuenta y compararlo con un valor crítico obtenido a partir de tablas, para tomar una decisión de aceptar o rechazar la hipótesis que se plantea.

Para aplicar la prueba t-student a nuestros datos, se utilizaron las siguientes expresiones:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$



$$tp = \frac{u2 - u1}{Sp \sqrt{\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2}}}$$

$$gl = n1 + n2 - 2$$

$Sp$  : desviación estándar combinada

$n1$  y  $n2$  : tamaños de las muestras

$gl$  : grados de libertad

$\sigma1$  y  $\sigma2$  : desviaciones estándar de las muestras

$tp$  : valor estadístico de  $t$  student calculado

$ts$  : valor crítico de  $t$  obtenido de tabla estadística

### 3.6. MATERIALES

Los materiales empleados para la elaboración del concreto y su muestreo correspondiente, se describen a continuación.

#### 3.6.1. Cemento

Se empleó cemento portland tipo IP, se utilizaron las marcas de cemento a continuación mencionadas:

- Cemento Portland tipo IP, marca RUMI
- Cemento Portland tipo IP, marca WARI

Para el desarrollo de la presente investigación, se denominó al cemento RUMI como A y al cemento WARI como B.

En la Tabla 7, se presentan las propiedades físicas y químicas de ambos cementos obtenidas a partir de las fichas técnicas que se adjuntan en el Anexo 2.

**Tabla 7***Características físicas y químicas del cemento*

<b>Características químicas</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>
MgO (%)	---	0.78%
SO <sub>3</sub> (%)	1.5% a 3.0%	1.68%
Pérdida por ignición (%)	1.5% a 4.0%	3.18%
<b>Características físicas</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>
Peso específico	2.75 a 2.85	2.95
Fraguado Vicat Inicial (minutos)	170	140
Fraguado Vicat Final (minutos)	270	280
Contenido de aire en mortero (%)	2.5% a 8.0%	3.6%

Nota: Adaptado de ficha técnica RUMI IP y ficha técnica WARI IP

**3.6.2. Hormigón**

Los agregados utilizados en el presente estudio fueron obtenidos a partir del hormigón procedente de la cantera de Cutimbo que se encuentra en la vía Puno-Moquegua en el km. 23+000 y que es propiedad de la Municipalidad Distrital de Pichacani. Los materiales extraídos de la cantera en mención son ampliamente utilizados en las construcciones de la ciudad de Puno, dichos materiales se caracterizan por ser de forma esférica, conocido como canto rodado.

**3.6.3. Agua**

El agua utilizada durante el desarrollo del trabajo es proveniente de la red que alimenta el laboratorio de Construcciones de la E.P. Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno



### **3.7. CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO**

#### **3.7.1. Ensayo de peso específico del cemento**

El ensayo para determinar la densidad real del cemento se encuentra establecido en la norma ASTM C 188.

##### **3.7.1.1. Equipos y materiales**

- Frasco Le Chatelier
- Gasolina
- Balanza de precisión
- Embudo
- Muestra de cemento.

##### **3.7.1.2. Procedimiento**

- Se llenó con gasolina el frasco Le Chatelier hasta la marca de graduación cero a temperatura constante en baño maría.
- Enseguida, se vertió la muestra de cemento en el frasco de Le Chatelier.
- Se procedió a tomar lectura de la nueva marca de graduación hasta la cual se desplazó el líquido.
- Conocidos los valores del peso y el volumen del cemento, se procedió a calcular el peso específico del cemento.
- A continuación, se detallan los resultados obtenidos en laboratorio para ambos cementos:



**Tabla 8**

*Peso específico del cemento A*

N.º	Descripción	Unidad	Muestras		
			1	2	3
1	Peso del cemento	gr	64	64	64.03
2	Marca de graduación inicial	cm <sup>3</sup>	0	0	0
3	Marca de graduación final	cm <sup>3</sup>	22.9	22.8	23.1
4	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	22.9	22.8	23.1
5	Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	2.795	2.807	2.772
<b>6</b>	<b>Promedio</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.79</b>		

Nota: Elaboración propia

**Tabla 9**

*Peso específico del cemento B*

N.º	Descripción	Unidad	Muestras		
			1	2	3
1	Peso del cemento	gr	64.02	64	64.05
2	Marca de graduación inicial	cm <sup>3</sup>	0	0	0
3	Marca de graduación final	cm <sup>3</sup>	21.6	21.6	21.7
4	Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	21.6	21.6	21.7
5	Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	2.964	2.963	2.952
<b>6</b>	<b>Promedio</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.96</b>		

Nota: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en las Tablas 8 y 9, son similares a los datos de pesos específicos proporcionados por las fichas técnicas adjuntadas en el Anexo 2.

### **3.8. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO**

Para la caracterización correspondiente; previamente, se separó el hormigón en agregado fino y grueso, haciendo uso del tamiz ASTM N° 4.

#### **3.8.1. Análisis granulométrico del agregado fino**

El análisis granulométrico se caracteriza por expresar de manera porcentual la cantidad de material retenido en los tamices ASTM N° 4, N° 8, N°



16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200. Este procedimiento se encuentra normado en las normas ASTM C 136 y NTP 400.012.

#### **3.8.1.1. Equipos y materiales**

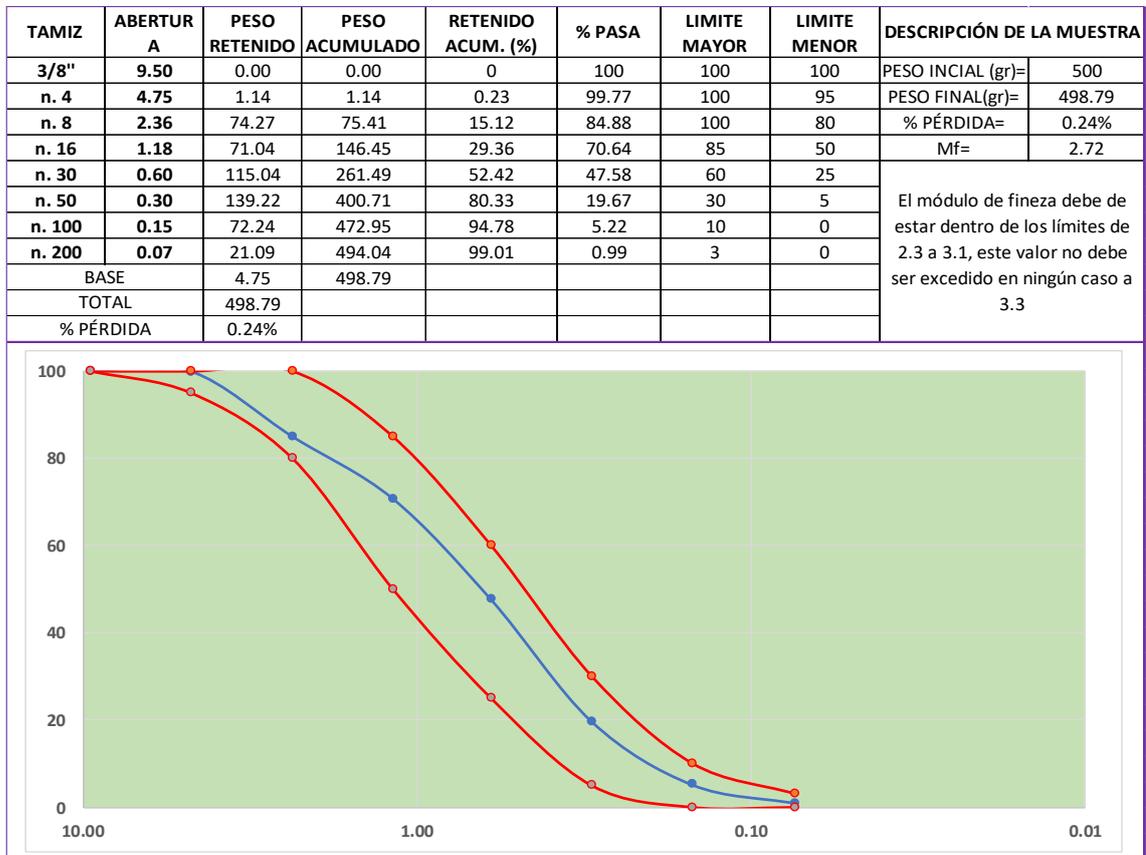
- Balanza de precisión
- Recipientes metálicos
- Brochas
- Serie de tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200.

#### **3.8.1.2. Procedimiento del ensayo**

- Se procedió con el cuarteo del agregado fino y la selección de 500 gr. como mínimo para la realización del ensayo correspondiente.
- En seguida, se colocó la muestra seleccionada en la malla superior ubicada sobre la serie de tamices ordenadas en forma decreciente (malla con mayor abertura encima).
- Se procedió a aplicar movimientos laterales a la serie de tamices por un tiempo aproximado de 1 minuto por cada tamiz componente de la serie.
- Se finalizó el ensayo, retirando el material retenido en cada tamiz (utilizar una brocha de ayuda para retirar partículas que pudiesen quedar atrapadas del material en dichas aberturas) para ser pesadas.

**Figura 2**

*Curva granulométrica del agregado fino*



Nota: Elaboración propia

El módulo de fineza obtenido igual a 2.72 sugiere que el agregado fino tiene una distribución uniforme de sus partículas ligeramente superior en partículas más fina, la curva granulométrica se encuentra bajo los rangos exigidos por la NTP 400.037 (2018)

### Figura 3

#### *Análisis granulométrico del agregado fino*





- Horno eléctrico de capacidad  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .
- Muestra de agregado fino

### 3.8.2.2. Procedimiento

- Se procedió al muestreo del agregado fino según lo establecido en la norma técnica NTP 400.010, mezclando de manera uniforme hasta obtener una cantidad aproximada de 1kg.
- A continuación, saturar el material de ensayo, el cual debe ser sumergido por 24 horas como mínimo.
- Separar la muestra del agua en la cual se encuentra sumergida y empezar con el secado del mismo sobre una bandeja, para este proceso se hizo uso de la cocina eléctrica. Al momento de retirar el agua, tener cuidado de no generar pérdida del material fino que también compone el agregado.
- Se debe secar la muestra hasta alcanzar la condición de saturado superficialmente seco (SSS), para asegurarnos de que se alcanzó esta condición, se colocó una porción del material en el cono metálico aplicando 25 golpes con el pisón metálico. Se debe de retirar el cono cuidadosamente en forma vertical. Si la muestra alcanzó tal condición presenta un ligero derrumbe, de lo contrario, mantendrá su forma. Tomar una cantidad aproximada de 500 gr.
- Del mismo modo, se pesó el picnómetro contenido con agua hasta la marca de graduación. El agua a utilizar debe de tener una temperatura de  $23 \pm 2^\circ \text{C}$ .



- Introducimos el material en el picnómetro y se llenó con agua hasta la marca de graduación.
- Se procedió con la eliminación de los vacíos haciendo uso del extractor de vacíos.
- Una vez extraídos los vacíos del interior del picnómetro, se tomó nota del peso de picnómetro + muestra + agua a  $23 \pm 2^\circ \text{C}$ .
- Finalmente, se deposita todo el contenido del interior del picnómetro en una tara de suficiente tamaño para depositarlo en el horno y secar por un periodo no menor de 24 horas, retirar del horno y dejar enfriar por 1 hora.
- Para el cálculo de los parámetros requeridos, se tomaron en consideración las fórmulas:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Peso específico aparente S.S.S.} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A + B - C}$$

$$\text{Absorción(\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

- A: peso seco de muestra.
- B: peso de picnómetro + agua.



- C: peso de picnómetro +agua+ muestra saturada superficialmente seca
- S: peso de muestra saturada superficialmente seca.

En la Tabla 10, se detallan los valores resultantes del ensayo.

**Tabla 10**

*Peso específico y absorción del agregado fino*

<b>N.º</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
1	Peso de la muestra superficialmente seca	gr	500
2	Peso del picnómetro+ peso del agua	gr	660.68
3	Peso arena s.s.s. +picnómetro +agua	gr	963.38
4	Peso de arena seca +tara	gr	858.2
5	Peso de la tara	gr	378.06
6	Peso de arena seca	gr	480.14
<b>Resultados</b>			
1	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.43
2	Porcentaje de absorción	gr	4.14%

Nota: Elaboración Propia

## Figura 4

### *Ensayo de peso específico del agregado fino*



Nota: Elaboración propia

### **3.8.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino**

El peso unitario es expresado como la relación existente entre el peso de una determinada muestra y el volumen que ocupa la misma, dicha relación es expresada en  $\text{kg/m}^3$ . Se encuentra establecido en las normas ASTM C 29 153 y NTP 400.017

#### **3.8.3.1. Equipos y materiales**

- Balanza de precisión de 0.1% con respecto al material pesado.
- Barra de acero liso de 5/8", borde semiesférico
- Cucharón.
- Recipiente de medida, metálico, cilíndrico y de preferencia que cuente con agarraderas laterales para su manipulación.



### 3.8.3.2. Procedimiento

- Obtenemos la muestra por cuarteo y tomando en consideración la norma técnica NTP 400.010. El agregado debe de encontrarse seco.
- Es necesario conocer el volumen y peso del recipiente a utilizar.
- Para la obtención del peso unitario suelto, se colocó el agregado dentro del recipiente descargándolo desde una altura no mayor a 50mm (2 pulgadas) hasta llenar y rebosar el recipiente, se enrasó haciendo uso de una regla metálica y se procedió a pesar el recipiente + agregado.
- Para la obtención del peso unitario compactado, se colocó el agregado en tres capas dentro del recipiente; cada una de ellas se compactó con 25 golpes haciendo uso de la varilla de acero liso de diámetro 5/8”.
- Finalmente, se realizaron los cálculos respectivos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos al ensayar el agregado.

**Tabla 11**

*Peso unitario compactado del agregado fino*

N.º	Descripción	Unidad	Muestras		
			1	2	3
1	Peso de material +molde	gr	14940	14970	14920
2	Peso del molde	gr	3590	3590	3590
3	Peso del material	gr	11350	11380	11330
4	Volumen del molde	gr	7047.12	7047.12	7047.12
5	Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	1.611	1.615	1.608
<b>6</b>	<b>Promedio</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.611</b>		

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 12**

*Peso unitario suelto del agregado fino*

N.º	Descripción	Unidad	Muestras		
			1	2	3
1	Peso de material +molde	gr	13970	13980	13960
2	Peso del molde	gr	3590	3590	3590
3	Peso del material	gr	10380	10390	10370
4	Volumen del molde	gr	7047.12	7047.12	7047.12
5	Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	1.473	1.474	1.472
<b>6</b>	<b>Promedio</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.473</b>		

Nota: Elaboración Propia

En las Tablas 11 y 12 se aprecia que, el peso unitario compactado del agregado fino es mayor al valor del peso unitario suelto del mismo debido al acomodo que sufren las partículas producto de la compactación del material. Es preciso mencionar que una adecuada compactación del material brinda resultados más precisos.

**Figura 5**

*Peso unitario suelto y compactado del agregado fino*



Nota: Elaboración Propia



#### **3.8.4. Contenido de humedad del agregado fino**

Establecido en la ASTM C566 y NTP-339.185. El presente ensayo tiene la finalidad de determinar la cantidad de humedad evaporable que contiene el agregado en determinado momento, es preciso mencionar que este ensayo se realizó a los agregados inicialmente para su caracterización y, posteriormente, antes de cada vaciado de briquetas de concreto para la correspondiente corrección de pesos por humedad.

Para la obtención del contenido de humedad inicial del agregado fino, se realizó el secado al aire libre del agregado en su conjunto. Posteriormente se separó en agregado fino y grueso haciendo uso del tamiz N° 4.

Se tomaron tres muestras de aproximadamente 300 gr. cada una, se pesó cada una de ellas y se secaron al horno por un periodo no menor a 24 horas para obtener los pesos secos correspondientes. Este procedimiento se realizó el día anterior a cada uno de los vaciados.

### **3.9. CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO GRUESO**

#### **3.9.1. Análisis granulométrico del agregado grueso**

Establecido en las normas ASTM C 136 y NTP 400.012. El análisis granulométrico se caracteriza por expresar de manera porcentual la cantidad de material retenido en los tamices ASTM 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" Y N.º 4.

##### **3.9.1.1. Equipos y materiales**

- Balanza de precisión
- Recipientes metálicos



- Brochas
- Serie de tamices ASTM 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, ¼” Y N° 4.

### 3.9.1.2. Procedimiento del ensayo

- Se procedió con el cuarteo del agregado grueso y la selección de 10 kg. como mínimo para la realización del ensayo correspondiente, la selección de la cantidad de muestra para este ensayo se realizó acorde a la recomendación brindada por la norma técnica NTP 400.012, la cual se rige por el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

**Tabla 13**

*Cantidad mínima de muestra según Tamaño Máximo Nominal*

<b>Tamaño máximo nominal abertura cuadradas cm</b>	<b>Cantidad mínima kg</b>
0.95	1
1.25	2
1.90	5
2.50	10
3.75	15
5.00	20

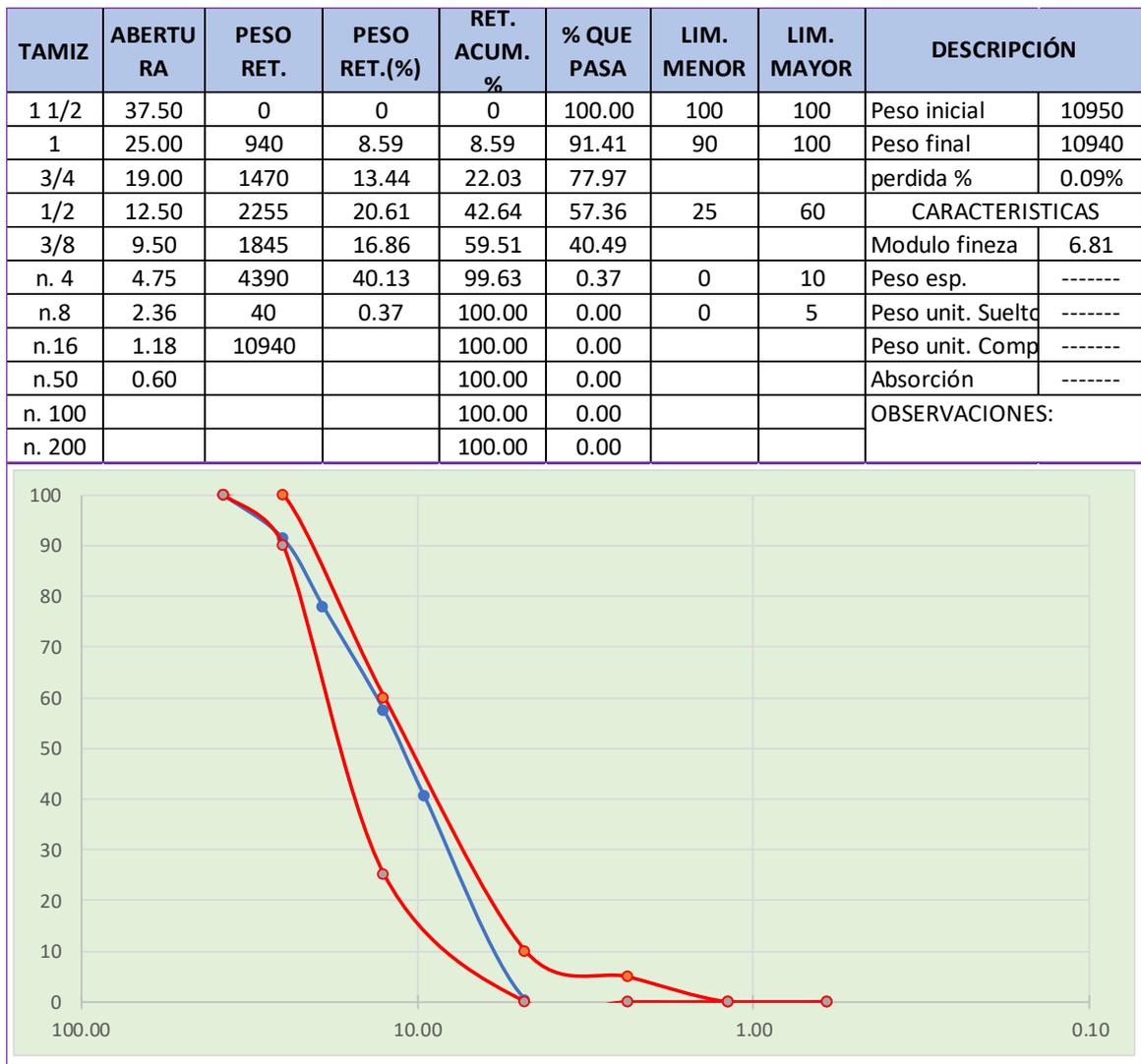
Nota: NTP 400.012 (2013)

- En seguida se coloca la muestra seleccionada en la malla superior ubicada sobre la serie de tamices ordenadas en forma decreciente (malla con mayor abertura encima).
- Se procede a aplicar movimientos laterales a la serie de tamices por un tiempo aproximado de 1 minuto por cada tamiz componente de la serie.
- Se finaliza el ensayo, retirando el material retenido en cada tamiz (utilizar una brocha de ayuda para retirar el material ya que por el

tamaño reducido de las aberturas pudiesen quedar partículas atrapadas) para ser pesadas y el procesamiento de datos.

**Figura 6**

*Curva granulométrica de agregado grueso*



Nota: Elaboración Propia

De la curva granulométrica, concluimos que el agregado grueso se ajusta a los requerimientos granulométricos de la NTP 400.037 (2018), teniendo un tamaño máximo nominal de 1'' y tamaño máximo de 1 1/2''. Además, el módulo de fineza 6.81 es relativamente alto.

## Figura 7

### *Tamizado de agregado grueso*



Nota. Fuente: Elaboración Propia

### **3.9.2. Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso**

El desarrollo para la determinación del peso específico, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y capacidad de absorción se encuentra establecido en la Norma Técnica Peruana NTP-400.021 y ASTM-C127.

#### **3.9.2.1. Equipos y materiales**

- Recipientes metálicos
- Cesta de alambre con abertura n.º 6 o menor.
- Balanza con capacidad de 5000 gr o más de precisión 0.5 gr que incluya dispositivo de suspensión para pesos sumergidos.
- Balde de 20 l con agua a temperatura  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
- Horno con capacidad de hasta  $110\text{ °C}$  como mínimo.



### 3.9.2.2. Procedimiento

- Seleccionar la cantidad adecuada de material y asegurarse que la muestra se encuentre libre de material fino. Se debe de tomar en consideración las cantidades mínimas establecidas por la norma técnica NTP 400.021 que se detalla en el siguiente cuadro:

**Tabla 14**

*Cantidad mínima de muestra según TMN del agregado grueso*

<b>Tamaño máximo nominal (plg)</b>	<b>Cantidad mínima (kg)</b>
1/2 o menos	2.00
3/4	3.00
1	4.00
1 ½	5.00
2	8.00
2 ½	12.00
3	18.00
3 ½	25.00
4	40.00
4 ½	50.00
5	75.00

Nota: NTP 400.021 (2013)

- En el concreto utilizado para estructuras convencionales no es habitual el uso de agregados con TMN mayores a 1 ½”, la normativa ASTM C-31 precisa que, para el ensayo de cilindros de concreto, el TMN del agregado debe ser igual o menor a la tercera parte del diámetro del espécimen, por tanto, para realizar controles de calidad con briquetas de 10 cm de diámetro lo correcto es utilizar agregados con TMN igual a 1” o menores. La selección de un determinado agregado grueso está



fuertemente relacionado al tipo de estructura a construirse y las dimensiones de sus secciones.

- El primer paso consiste en sumergir la muestra tomada de agregado seco durante no menos de 24 horas para que este logre absorber agua.
- Retirar el material saturado del agua y colocarlo sobre una franela con el objetivo de secarla hasta eliminar cualquier película de agua que se pudiese visualizar, dicha condición nos indica que el agregado se encuentra en estado saturado superficialmente seco. Pesar y tomar nota de ello.
- Enseguida, se tomó el peso sumergido de la muestra de agregado para lo cual se hizo uso de la canasta metálica y el dispositivo de suspensión de la balanza, se tomó nota del peso sumergido del agregado ensayado.
- Una vez realizados estos procedimientos, se llevó el agregado al horno para secarlo durante un periodo no menor a 24 horas y se tomó nota del peso seco.
- Tomados los pesos que se mencionan, se procedió a realizar los cálculos correspondientes, para lo cual se hizo uso de las siguientes fórmulas:

$$\text{densidad relativa} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{densidad relativa (SSS)} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$\text{densidad relativa aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$



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

Donde:

- A: peso de material seco
- B: peso de material en condición saturada superficialmente seca
- C: peso sumergido del agregado

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del ensayo realizado al agregado grueso:

**Tabla 15**

*Peso específico y absorción del agregado grueso*

N.º	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Peso de material secado al horno	gr	4853
2	Peso de material s.s.s.	gr	5006
3	Peso de material sumergido	gr	3026
4	Peso de material seco +tara	gr	5295
5	Peso de tara	gr	442
<b>Resultados</b>			
1	Peso específico aparente	gr/cm <sup>3</sup>	2.45
2	Porcentaje de absorción	gr	3.15%

Nota: Elaboración Propia

## Figura 8

### *Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso*



Nota: Elaboración Propia

### **3.9.3. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso**

Establecido en la norma NTP-400.017. El peso unitario es expresado como la relación existente entre el peso de un determinado material y el volumen que ocupa la misma, dicha relación es expresada en  $\text{kg/m}^3$ . Siendo:

#### **3.9.3.1. Equipos y materiales**

- Balanza de precisión de 0.1% con respecto al material pesado.
- Barra de acero liso de 5/8'' con borde semiesférico
- Cucharón.
- Recipiente de medida, metálico, cilíndrico y de preferencia que cuente con agarraderas laterales para su manipulación.



### 3.9.3.2. Procedimiento

- Obtenemos la muestra por cuarteo y tomando en consideración la norma técnica NTP 400.010. El agregado debe de encontrarse seco.
- Calcular el volumen y peso del recipiente a utilizar.
- Para la obtención del peso unitario suelto, se colocó el agregado dentro del recipiente descargándolo desde una altura no mayor a 50mm (2 pulgadas) hasta llenar y rebosar el recipiente, se enrrasó haciendo uso de una regla metálica y se procedió a pesar el recipiente +agregado.
- Para la obtención del peso unitario compactado, la muestra de agregado dese ser compactada en tres capas dentro del recipiente con 25 golpes en cada una de ellas, haciendo uso de la varilla de acero liso de diámetro 5/8”.
- Finalmente, se realizaron los cálculos respectivos. A continuación, se presentan, los resultados obtenidos al ensayar el agregado.

**Tabla 16**

*Peso unitario compactado del agregado grueso*

N.º	Descripción	Unidad	Muestras		
			1	2	3
1	Peso de material +molde	gr	15035	15040	15035
2	Peso del molde	gr	3590	3590	3590
3	Peso del material	gr	11445	11450	11445
4	Volumen del molde	gr	7047.12	7047.12	7047.12
5	Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	1.624	1.625	1.624
<b>6</b>	<b>Promedio</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.624</b>		

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 17**

*Peso unitario suelto del agregado grueso*

N.º	Descripción	Unidad	Muestras		
			1	2	3
1	Peso de material +molde	gr	14205	14160	14140
2	Peso del molde	gr	3590	3590	3590
3	Peso del material	gr	10615	10570	10550
4	Volumen del molde	gr	7047.12	7047.12	7047.12
5	Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	1.506	1.500	1.497
<b>6</b>	<b>Promedio</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.501</b>		

Nota: Elaboración Propia

Como se observa en las Tablas 16 y 17, el peso unitario compactado del agregado grueso, resulta mayor al peso unitario suelto debido al acomodo que sufren las partículas al momento de la compactación, es decir, se tiene un mayor peso de agregados en el mismo volumen.

**Figura 9**

*Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso*



Nota: Elaboración Propia

### 3.10. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

El diseño de mezclas se realizó utilizando el método de módulo de fineza, con la finalidad de obtener la proporción más adecuada de agregado grueso y agregado fino.

Para la presente investigación se plantearon tres resistencias a la compresión debido a que son concretos comerciales y sujetos a la realización de control de calidad dentro de las obras en general. A continuación, se detalla el proceso de desarrollo del diseño de mezclas para cada una de las resistencias planteadas. Asimismo, dado que los pesos específicos de los cementos utilizados son distintos, se consideró diseños de mezclas para cada una de ellos, denominándose mezcla A al diseño elaborado con el cemento A; de manera similar, se denominó mezcla B al elaborado con el cemento B.

#### 3.10.1. Cálculo de la resistencia promedio

Para calcular la resistencia promedio se utilizó la Tabla 18, debido a que no se cuenta con datos previos de desviación estándar.

**Tabla 18**

*Resistencia promedio en kg/cm<sup>2</sup>*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Menos de 210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
sobre 350	f'c+98

Nota: Adaptado de "Diseño de mezclas" por E. R. López, 1992, p. 57

Al ser las resistencias de diseño 175, 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, entonces, las resistencias promedio resultan ser las siguientes:

**Tabla 19***Resistencia promedio para resistencias planteadas*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
175	175+70=245
210	210+84=294
280	280+84=364

Nota: Elaboración propia

El cálculo de la resistencia promedio dentro del diseño de mezclas es determinante ya que tiene como finalidad asegurar que el concreto cumpla con los requisitos de resistencia.

### **3.10.2. Tamaño máximo nominal del agregado**

En el presente trabajo de investigación se consideró un tamaño máximo nominal TMN=1'', y de la misma manera, el tamaño máximo es de 1 ½'', esto para cumplir con la exigencia de la norma ASTM C 31, la cual dice que el TMN no debe ser mayor o igual a un tercio del diámetro del espécimen a ensayar (en este estudio se utilizaron cilindros de 4'' de diámetro).

### **3.10.3. Selección de asentamiento (slump)**

Con el objetivo de obtener una mezcla trabajable se optó por una consistencia plástica, por tanto, el asentamiento para el concreto es de 3'' a 4'' para las tres resistencias de diseño planteadas.

**Tabla 20***Selección de asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥5

Nota: Adaptado de "Diseño de mezclas" por E. R. López, 1992, p. 71

Al tratarse de un concreto sin adiciones de aditivos, la selección de una consistencia plástica es conveniente para lograr una mezcla suficientemente trabajable en la que la posibilidad de segregación de materiales sea reducida.

**3.10.4. Volumen unitario de agua**

Es necesario conocer el volumen de agua requerido para la producción de 1 m<sup>3</sup> de concreto, para tal fin se hizo uso de la Tabla 21, donde el volumen unitario de agua se encuentra en función del asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado.

**Tabla 21***Selección del volumen unitario de agua*

<b>Asentamiento</b>	<b>Agua, en lt/m<sup>3</sup>, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados</b>							
	<b>Concretos sin aire incorporado</b>							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
	<b>Concretos con aire incorporado</b>							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Nota: Adaptado de "Diseño de mezclas" por E. R. López, 1992, p. 78



Como se había mencionado en los pasos anteriores, el TMN del agredo es de 1" y el asentamiento es de 3" a 4", entonces, el volumen unitario de agua resulta ser 193 lt/m<sup>3</sup>.

### 3.10.5. Contenido de aire atrapado en la mezcla

Se obtuvo el contenido de aire atrapado en la mezcla a partir de la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Contenido de aire atrapado en la mezcla*

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Nota: Adaptado de "Diseño de mezclas" por E. R. López, 1992, p. 85

Como se mencionó anteriormente, el tamaño máximo nominal del agregado es de 1", por tanto, la cantidad de aire atrapado en la mezcla representa el 1.50% del volumen de la misma.

### 3.10.6. Relación agua cemento a/c

Entre los pasos más importantes del diseño de mezclas, se encuentra la selección de la relación agua/cemento, la misma que se encuentra ligada directamente a la resistencia que desarrollará el concreto. En esta sección, se hizo uso de la Tabla 23.

**Tabla 23***Relación agua-cemento según resistencia promedio*

<b>f'cr</b>  (28 días)	<b>Relación Agua - Cemento de diseño en peso.</b>	
	<b>Concretos Sin Aire Incorporado</b>	<b>Concretos Con Aire Incorporado</b>
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

Nota: Adaptado de "Diseño de mezclas" por E. R. López, 1992, p. 91

Las resistencias promedio calculadas en la sección 3.10.1 son de 245 kg/cm<sup>2</sup>, 294 kg/cm<sup>2</sup> y 364 kg/cm<sup>2</sup> para concreto sin aire incorporado, por lo tanto, ingresando en la Tabla 23 se obtuvieron los resultados de a/c descritos en la Tabla 24.

**Tabla 24***Relación a/c para resistencias de estudio*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f'cr (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>a/c</b>
175	245	0.628
210	294	0.558
280	364	0.466

Nota: Elaboración propia

### 3.10.7. Factor cemento

Referida a la cantidad de cemento que será necesaria por m<sup>3</sup> de mezcla, este será igual a la cantidad de agua por metro cúbico calculado entre la relación agua/cemento.

El factor cemento se puede calcular a través de la expresión siguiente:



$$F.C. = \frac{\text{agua en lt/m}^3}{\text{agua/cemento}}$$

**Tabla 25**

*Factor cemento para resistencias de estudio*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Agua en lt/m<sup>3</sup></b>	<b>a/c</b>	<b>Factor cemento</b>
175	193	0.628	307.32
210	193	0.558	345.63
280	193	0.466	414.16

Nota: Elaboración propia

### **3.10.8. Volumen absoluto de la pasta**

En este paso, se determinó el volumen absoluto que ocupa la pasta en una unidad de volumen de concreto. Para ello, se hizo uso de las expresiones siguientes:

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P.E. del cemento}}$$

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Vol. unit. agua}}{\text{P.E. del agua}} = \frac{193 \text{ lt/m}^3}{1000 \text{ lt/m}^3} = 0.193$$

$$\text{Volumen de aire} = \% \text{ aire atrapado} = 1.5\%$$

En resumen, los volúmenes de los materiales componentes de la pasta son:

**Tabla 26***Volumen de materiales de la pasta por m<sup>3</sup>*

RESISTENCIA	f'c=175kg/cm <sup>2</sup>		f'c=210kg/cm <sup>2</sup>		f'c=280kg/cm <sup>2</sup>	
	A	B	A	B	A	B
Mezcla						
Cemento	0.110	0.104	0.123	0.117	0.148	0.140
Agua	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
Aire	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
<b>Total</b>	<b>0.318</b>	<b>0.312</b>	<b>0.331</b>	<b>0.325</b>	<b>0.356</b>	<b>0.348</b>

Nota: Elaboración propia

**3.10.9. Cálculo de volumen de los agregados**

El volumen de agregados se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Volumen de agregados (m}^3\text{)} = 1 - \text{Volumen de pasta}$$

**Tabla 27***Volumen de agregados por m<sup>3</sup> de mezcla*

Mezcla	f'c=175kg/cm <sup>2</sup>		f'c=210kg/cm <sup>2</sup>		f'c=280kg/cm <sup>2</sup>	
	A	B	A	B	A	B
Volumen de Pasta	0.318	0.312	0.331	0.325	0.356	0.348
Volumen de agregados	0.682	0.688	0.669	0.675	0.644	0.652
<b>Total</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>

Nota: Elaboración propia

### 3.10.10. Módulo de fineza de la combinación de agregados

Una vez conocido el volumen que ocupan los agregados en la mezcla, se procede a calcular el volumen parcial del agregado fino y el agregado grueso respectivamente, para ello, es necesario conocer la cantidad de bolsas de cemento necesarias por m<sup>3</sup> de concreto.

$$\text{Bolsas de cemento por m}^3 = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso de bolsa}}$$

**Tabla 28**

*Bolsas de cemento por m<sup>3</sup> de concreto*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor cemento</b>	<b>Peso bolsa(kg)</b>	<b>Bolsas/m<sup>3</sup></b>
175	307.32	42.5	7.23
210	345.63	42.5	8.13
280	414.16	42.5	9.75

Nota: Elaboración propia

Enseguida, se calculó el módulo de fineza de la combinación de agregados haciendo uso de la Tabla 29.

**Tabla 29**

*Módulo de fineza de la combinación de agregados*

<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL plg.</b>	<b>Módulo de fineza de la combinación de agregados que dan las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos por metro cubico</b>								
	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19	4.27	4.36	4.44	4.52
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69	4.77	4.86	4.94	5.02
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19	5.27	5.36	5.44	5.52
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49	5.57	5.66	5.74	5.82
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79	5.87	5.96	6.04	6.12
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09	6.17	6.26	6.34	6.42
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39	6.47	6.56	6.64	6.72

Nota: Adaptado de "Diseño de mezclas" por E. R. López, 1992, p. 121

Considerando los datos de tamaño máximo nominal de 1" y la cantidad requerida de bolsas de cemento por m<sup>3</sup> de concreto, se interpolaron los valores y se calcularon los módulos de fineza de combinación de agregados detallado en la Tabla 30.

**Tabla 30**

*Módulos de fineza de combinación de agregados por resistencia*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor cemento</b>	<b>TMN</b>	<b>m</b>
175	7.23	1"	5.360
210	8.13	1"	5.420
280	9.75	1"	5.550

Nota: Elaboración propia

### 3.10.11. Cálculo de incidencia del agregado grueso y fino

En este paso se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$Rf(\%) = \left( \frac{mg - m}{mg - mf} \right) * 100$$

$$Rg(\%) = 1 - Rf$$

La Tabla 31 nos detalla la incidencia en porcentaje del agregado fino y grueso para cada resistencia de diseño planteada.

**Tabla 31**

*Incidencia de agregado fino y grueso*

<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Rf</b>	<b>Rg</b>
175	5.360	35.45%	64.55%
210	5.420	33.99%	66.01%
280	5.550	30.81%	69.19%

Nota: Elaboración propia

Donde:



- Rf: porcentaje del agregado fino respecto al volumen total de agregados.
- Rg: porcentaje del agregado grueso respecto al volumen total de agregados.
- mg: módulo de fineza del agregado grueso.
- mf: módulo de fineza del agregado fino.
- m: módulo de fineza de la combinación de agregados.

### 3.10.12. Cálculo de volúmenes y pesos de agregado grueso y agregado fino

Una vez obtenida la incidencia del agregado fino y agregado grueso; se calculó su cantidad en volumen:

$$\text{Volumen de agregado fino} = R_f * \text{Volumen total de agregado}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = R_g * \text{Volumen total de agregado}$$

**Tabla 32**

*Volumen en m<sup>3</sup> de agregado fino y grueso*

	f'c=175kg/cm <sup>2</sup>		f'c=210kg/cm <sup>2</sup>		f'c=280kg/cm <sup>2</sup>	
Volumen m <sup>3</sup>	Mezcla A	Mezcla B	Mezcla A	Mezcla B	Mezcla A	Mezcla B
Agregado fino	0.242	0.244	0.227	0.229	0.198	0.201
Agregado grueso	0.440	0.444	0.441	0.446	0.446	0.451
<b>Total</b>	<b>0.682</b>	<b>0.688</b>	<b>0.669</b>	<b>0.675</b>	<b>0.644</b>	<b>0.652</b>

Nota: Elaboración propia

Enseguida, calculamos los pesos secos de agregados para cada resistencia de diseño planteada:

$$\text{Peso seco Ag. fino} = P. \text{Esp. Agr. fino} * \text{Volumen agr. fino}$$



$$\text{Peso seco Ag. grueso} = P. \text{Esp. Agr. grueso} * \text{Volumen agr. grueso}$$

**Tabla 33**

*Peso seco de agregados por m<sup>3</sup> de mezcla*

Peso (kg)	f'c=175kg/cm <sup>2</sup>		f'c=210kg/cm <sup>2</sup>		f'c=280kg/cm <sup>2</sup>	
	A	B	A	B	A	B
<b>MEZCLA</b>						
Peso seco de agregado fino (kg)	587.41	592.86	551.76	557.64	481.77	488.15
Peso seco de agregado grueso (kg)	1078.29	1088.29	1080.59	1092.09	1090.97	1105.43

Nota: Elaboración propia

### 3.10.13. Pesos secos de los materiales por m<sup>3</sup> de concreto

A continuación, la Tabla 34 presenta la cantidad en peso de los materiales a utilizar por cada m<sup>3</sup> de concreto a elaborar.

**Tabla 34***Materiales en peso por m<sup>3</sup> de concreto*

RESISTENCIA	f'c=175kg/cm <sup>2</sup>		f'c=210kg/cm <sup>2</sup>		f'c=280kg/cm <sup>2</sup>	
	A	B	A	B	A	B
Cemento(kg)	307.32	307.32	345.63	345.63	414.16	414.16
Agregado fino(kg)	587.41	592.86	551.76	557.64	481.77	488.15
Agregado grueso(kg)	1078.29	1088.29	1080.59	1092.09	1090.97	1105.43
Agua (l)	193	193	193	193	193	193

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 34 se observa que, para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , requerimos una mayor cantidad de agregado grueso y una menor cantidad de agregado fino, en relación a los otros dos diseños. Asimismo, para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , requerimos una mayor cantidad de agregado grueso y una menor cantidad de agregado fino, en relación a los diseños para  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ . Además, se evidencia que existe una mínima diferencia en pesos de los materiales por m<sup>3</sup> entre los diseños A y B.

### 3.11. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Con el diseño de mezclas obtenido, se llevó a cabo el proceso de preparación de la mezcla de concreto a emplearse en la elaboración de especímenes, para el cumplimiento de los fines de la presente investigación se siguió el procedimiento especificado en la norma ASTM C-31. Se utilizaron moldes de dimensiones 10cmx20cm y 15cmx30cm, siguiendo el procedimiento a continuación descrito:

- Se aplicó desmoldante en las paredes interiores de los moldes cilíndricos, los mismos que deben de ser colocados en una superficie nivelada antes de iniciar el vaciado.

- Se procedió a llenar los moldes con la mezcla de concreto hasta el primer tercio de altura del molde, compactándose la mezcla colocada con la varilla de 5/8” y dando golpes suaves con el martillo de goma.
- Para el caso de la compactación de concreto en los moldes de dimensiones 100mmx200mm, se utilizó la varilla de 1/2” de diámetro.
- Se repitió el proceso con las dos terceras partes restantes.
- Finalmente, se enrasó haciendo uso de la varilla de una plancha de albañil dejando la superficie final del espécimen totalmente nivelada y libre de imperfecciones.

### Figura 10

*Grupo de especímenes de concreto elaborados*



Nota: Elaboración Propia

### 3.12. CURADO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO PARA ENSAYO

Para proceder con el curado respectivo de los especímenes, se realizó el desmoldado de los mismos tomando en consideración que deben permanecer en sus moldes por lo menos 24 horas después del vaciado.

Una vez desmoldadas las probetas, estas son sometidas al proceso de curado sumergido. La norma ASTM C 192, precisa que, el procedimiento de curado se realiza a una temperatura mínima de 23°C, que en la presente investigación no se cumplió, los especímenes elaborados fueron sumergidos en la poza de curado del laboratorio de construcciones de la E.P. Ingeniería Civil, a una temperatura ambiente promedio de 12 °C.

### **Figura 11**

*Curado de especímenes de concreto*



Nota: Elaboración Propia



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADO DE ENSAYO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

En las Tablas 35 al 41 se presentan los resultados obtenidos tras ser realizados los ensayos de compresión simple.

**Tabla 35**

*Resultados de especímenes  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, mezcla A*

Cod	Fecha Moldeo	Edad (días)	Fecha Ensayo	f'c diseño	Tamaño	Carga (kg)	D. (cm)	f'c kg/cm <sup>2</sup>
R175-01	10-07-23	7	17-07-23	175	15x30	19120	15.01	108.05
R175-02	10-07-23	7	17-07-23	175	15x30	18640	15.05	104.78
R175-03	10-07-23	7	17-07-23	175	15x30	18422	15.04	103.69
R175-04	10-07-23	14	24-07-23	175	15x30	25520	15.04	143.65
R175-05	10-07-23	14	24-07-23	175	15x30	26558	15.07	148.89
R175-06	10-07-23	14	24-07-23	175	15x30	25880	15.03	145.87
R175-07	10-07-23	28	07-08-23	175	15x30	32423	15.05	182.26
R175-08	10-07-23	28	07-08-23	175	15x30	33646	15.03	189.64
R175-09	10-07-23	28	07-08-23	175	15x30	32886	15.00	186.10
R175-11	10-07-23	7	17-07-23	175	10x20	8182	10.10	102.12
R175-12	10-07-23	7	17-07-23	175	10x20	8364	10.12	103.98
R175-13	10-07-23	7	17-07-23	175	10x20	8246	10.11	102.72
R175-14	10-07-23	14	24-07-23	175	10x20	10235	10.06	128.77
R175-15	10-07-23	14	24-07-23	175	10x20	10866	10.12	135.09
R175-16	10-07-23	14	24-07-23	175	10x20	10433	10.08	130.74
R175-17	10-07-23	28	07-08-23	175	10x20	12868	10.10	160.61
R175-18	10-07-23	28	07-08-23	175	10x20	13210	10.13	163.91
R175-19	10-07-23	28	07-08-23	175	10x20	12894	10.09	161.26

Nota: Elaboración Propia



**Tabla 36**

*Resultados de especímenes  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, mezcla A*

<b>Cod</b>	<b>Fecha Moldeo</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fecha Ensayo</b>	<b>f'c diseño</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>D. (cm)</b>	<b>f'c kg/cm<sup>2</sup></b>
R210-01	11-07-23	7	18-07-23	210	15x30	25576	15.04	143.96
R210-02	11-07-23	7	18-07-23	210	15x30	26126	15.06	146.67
R210-03	11-07-23	7	18-07-23	210	15x30	26654	15.06	149.63
R210-04	11-07-23	14	25-07-23	210	15x30	34720	15.04	195.43
R210-05	11-07-23	14	25-07-23	210	15x30	34123	15.06	191.56
R210-06	11-07-23	14	25-07-23	210	15x30	34081	15.07	191.07
R210-07	11-07-23	28	08-08-23	210	15x30	38094	15.07	213.57
R210-08	11-07-23	28	08-08-23	210	15x30	38536	15.04	216.91
R210-09	11-07-23	28	08-08-23	210	15x30	39012	15.05	219.30
R210-11	11-07-23	7	18-07-23	210	10x20	11231	10.12	139.63
R210-12	11-07-23	7	18-07-23	210	10x20	10868	10.07	136.46
R210-13	11-07-23	7	18-07-23	210	10x20	10755	10.08	134.77
R210-14	11-07-23	14	25-07-23	210	10x20	14122	10.11	175.92
R210-15	11-07-23	14	25-07-23	210	10x20	14601	10.12	181.52
R210-16	11-07-23	14	25-07-23	210	10x20	14245	10.08	178.51
R210-17	11-07-23	28	08-08-23	210	10x20	16029	10.09	200.46
R210-18	11-07-23	28	08-08-23	210	10x20	15722	10.10	196.23
R210-19	11-07-23	28	08-08-23	210	10x20	15254	10.08	191.15

Nota: Elaboración Propia



**Tabla 37**

*Resultados de especímenes  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, mezcla A*

<b>Cod</b>	<b>Fecha Moldeo</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fecha Ensayo</b>	<b>f'c diseño</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>D. (cm)</b>	<b>f'c kg/cm<sup>2</sup></b>
R280-01	12-07-23	7	19-07-23	280	15x30	34970	15.05	196.58
R280-02	12-07-23	7	19-07-23	280	15x30	36260	15.04	204.10
R280-03	12-07-23	7	19-07-23	280	15x30	35310	15.04	198.75
R280-04	12-07-23	14	26-07-23	280	15x30	42436	15.05	238.55
R280-05	12-07-23	14	26-07-23	280	15x30	43625	15.05	245.23
R280-06	12-07-23	14	26-07-23	280	15x30	42182	15.03	237.75
R280-07	12-07-23	28	09-08-23	280	15x30	49056	15.05	275.76
R280-08	12-07-23	28	09-08-23	280	15x30	49120	15.04	276.49
R280-09	12-07-23	28	09-08-23	280	15x30	50223	15.05	282.32
R280-11	12-07-23	7	19-07-23	280	10x20	13690	10.04	172.92
R280-12	12-07-23	7	19-07-23	280	10x20	14206	10.08	178.02
R280-13	12-07-23	7	19-07-23	280	10x20	13700	10.10	171.00
R280-14	12-07-23	14	26-07-23	280	10x20	18211	10.08	228.20
R280-15	12-07-23	14	26-07-23	280	10x20	17844	10.08	223.60
R280-16	12-07-23	14	26-07-23	280	10x20	17696	10.08	221.75
R280-17	12-07-23	28	09-08-23	280	10x20	20191	10.09	252.51
R280-18	12-07-23	28	09-08-23	280	10x20	20655	10.06	259.86
R280-19	12-07-23	28	09-08-23	280	10x20	20941	10.08	262.41

Nota: Elaboración Propia



**Tabla 38**

*Resultados de especímenes  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, mezcla B*

<b>Cod</b>	<b>Fecha Moldeo</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fecha Ensayo</b>	<b>f'c diseño</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>D. (cm)</b>	<b>f'c kg/cm<sup>2</sup></b>
W175-01	17-07-23	7	24-07-23	175	15x30	19680	15.05	110.63
W175-02	17-07-23	7	24-07-23	175	15x30	19310	15.08	108.12
W175-03	17-07-23	7	24-07-23	175	15x30	19400	15.10	108.33
W175-04	17-07-23	14	31-07-23	175	15x30	28130	15.03	158.55
W175-05	17-07-23	14	31-07-23	175	15x30	29350	15.05	164.99
W175-06	17-07-23	14	31-07-23	175	15x30	29150	15.05	163.86
W175-07	17-07-23	28	14-08-23	175	15x30	42208	15.05	237.26
W175-08	17-07-23	28	14-08-23	175	15x30	43635	15.04	245.61
W175-09	17-07-23	28	14-08-23	175	15x30	43832	15.05	246.39
W175-11	17-07-23	7	24-07-23	175	10x20	8832	10.10	110.24
W175-12	17-07-23	7	24-07-23	175	10x20	8064	10.07	101.25
W175-13	17-07-23	7	24-07-23	175	10x20	8301	10.04	104.85
W175-14	17-07-23	14	31-07-23	175	10x20	11587	10.10	144.62
W175-15	17-07-23	14	31-07-23	175	10x20	11186	10.08	140.17
W175-16	17-07-23	14	31-07-23	175	10x20	11960	10.10	149.28
W175-17	17-07-23	28	14-08-23	175	10x20	18569	10.06	233.62
W175-18	17-07-23	28	14-08-23	175	10x20	18207	10.09	227.70
W175-19	17-07-23	28	14-08-23	175	10x20	17887	10.10	223.26

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 39***Resultados de especímenes  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, mezcla B*

<b>Cod</b>	<b>Fecha Moldeo</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fecha Ensayo</b>	<b>f'c diseño</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>D. (cm)</b>	<b>f'c kg/cm<sup>2</sup></b>
W210-01	30-06-23	7	07-07-23	210	15x30	20210	15.03	113.91
W210-02	30-06-23	7	07-07-23	210	15x30	20760	15.03	117.01
W210-03	30-06-23	7	07-07-23	210	15x30	20500	15.00	116.01
W210-04	30-06-23	14	14-07-23	210	15x30	36440	15.01	205.93
W210-05	30-06-23	14	14-07-23	210	15x30	39360	15.07	220.67
W210-06	30-06-23	14	14-07-23	210	15x30	38420	15.05	215.97
W210-07	30-06-23	28	28-07-23	210	15x30	44140	15.00	249.78
W210-08	30-06-23	28	28-07-23	210	15x30	46530	15.05	261.56
W210-09	30-06-23	28	28-07-23	210	15x30	43910	15.01	248.15
W210-11	30-06-23	7	07-07-23	210	10x20	9480	10.10	118.32
W210-12	30-06-23	7	07-07-23	210	10x20	8860	10.08	111.03
W210-13	30-06-23	7	07-07-23	210	10x20	9190	10.12	114.25
W210-14	30-06-23	14	14-07-23	210	10x20	14620	10.07	183.57
W210-15	30-06-23	14	14-07-23	210	10x20	15870	10.16	195.75
W210-16	30-06-23	14	14-07-23	210	10x20	14990	10.08	187.84
W210-17	30-06-23	28	28-07-23	210	10x20	18850	10.10	235.28
W210-18	30-06-23	28	28-07-23	210	10x20	18470	10.08	231.45
W210-19	30-06-23	28	28-07-23	210	10x20	18370	10.05	231.57

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 40***Resultados de especímenes  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, mezcla B*

<b>Cod</b>	<b>Fecha Moldeo</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Fecha Ensayo</b>	<b>f'c diseño</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>D. (cm)</b>	<b>f'c kg/cm<sup>2</sup></b>
W280-01	18-07-23	7	25-07-23	280	15x30	26340	15.04	148.26
W280-02	18-07-23	7	25-07-23	280	15x30	25970	15.05	145.99
W280-03	18-07-23	7	25-07-23	280	15x30	26521	15.04	149.28
W280-04	18-07-23	14	01-08-23	280	15x30	42190	15.05	237.16
W280-05	18-07-23	14	01-08-23	280	15x30	40800	15.03	229.96
W280-06	18-07-23	14	01-08-23	280	15x30	41340	15.05	232.38
W280-07	18-07-23	28	15-08-23	280	15x30	55386	15.05	311.34
W280-08	18-07-23	28	15-08-23	280	15x30	55566	15.05	312.35
W280-09	18-07-23	28	15-08-23	280	15x30	56083	15.04	315.68
W280-11	18-07-23	7	25-07-23	280	10x20	11931	10.12	148.33
W280-12	18-07-23	7	25-07-23	280	10x20	11622	10.11	144.77
W280-13	18-07-23	7	25-07-23	280	10x20	11533	10.14	142.82
W280-14	18-07-23	14	01-08-23	280	10x20	17670	10.15	218.38
W280-15	18-07-23	14	01-08-23	280	10x20	16800	10.14	208.04
W280-16	18-07-23	14	01-08-23	280	10x20	17154	10.16	211.59
W280-17	18-07-23	28	15-08-23	280	10x20	23564	10.11	293.53
W280-18	18-07-23	28	15-08-23	280	10x20	24408	10.16	301.06
W280-19	18-07-23	28	15-08-23	280	10x20	24541	10.14	303.90

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 41***Resultados de ensayo con platos de retención de 10cm y 15cm*

Cod	Fecha Moldeo	Edad (días)	Fecha Ensayo	f'c diseño	Tamaño	Carga (kg)	D. (cm)	f'c kg/cm <sup>2</sup>
M175-1	19-07-23	28	16-08-23	175	10cm	11662	10.12	144.98
M175-2	19-07-23	28	16-08-23	175	10cm	11948	10.13	148.25
M175-3	19-07-23	28	16-08-23	175	10cm	12340	10.1	154.02
M175-4	19-07-23	28	16-08-23	175	10cm	11980	10.08	150.12
M175-5	19-07-23	28	16-08-23	175	10cm	12532	10.12	155.80
M175-6	19-07-23	28	16-08-23	175	15cm	4496	10.16	55.46
M175-7	19-07-23	28	16-08-23	175	15cm	4800	10.11	59.79
M175-8	19-07-23	28	16-08-23	175	15cm	4760	10.15	58.83
M175-9	19-07-23	28	16-08-23	175	15cm	4975	10.14	61.61
M175-10	19-07-23	28	16-08-23	175	15cm	5032	10.1	62.81
M210-1	20-07-23	28	17-08-23	210	10cm	13703	10.12	170.36
M210-2	20-07-23	28	17-08-23	210	10cm	14024	10.11	174.69
M210-3	20-07-23	28	17-08-23	210	10cm	15044	10.15	185.93
M210-4	20-07-23	28	17-08-23	210	10cm	14664	10.13	181.95
M210-5	20-07-23	28	17-08-23	210	10cm	14128	10.14	174.95
M210-6	20-07-23	28	17-08-23	210	15cm	4800	10.16	59.21
M210-7	20-07-23	28	17-08-23	210	15cm	4760	10.16	58.71
M210-8	20-07-23	28	17-08-23	210	15cm	5179	10.12	64.39
M210-9	20-07-23	28	17-08-23	210	15cm	4922	10.14	60.95
M210-10	20-07-23	28	17-08-23	210	15cm	5211	10.11	64.91
M280-1	21-07-23	28	18-08-23	280	10cm	20742	10.14	256.85
M280-2	21-07-23	28	18-08-23	280	10cm	22142	10.16	273.11
M280-3	21-07-23	28	18-08-23	280	10cm	21298	10.12	264.78
M280-4	21-07-23	28	18-08-23	280	10cm	20128	10.14	249.25
M280-5	21-07-23	28	18-08-23	280	10cm	21628	10.14	267.82
M280-6	21-07-23	28	18-08-23	280	15cm	6822	10.1	85.15
M280-7	21-07-23	28	18-08-23	280	15cm	6755	10.13	83.81
M280-8	21-07-23	28	18-08-23	280	15cm	6847	10.12	85.12
M280-9	21-07-23	28	18-08-23	280	15cm	6744	10.15	83.35
M280-10	21-07-23	28	18-08-23	280	15cm	6146	10.15	75.96

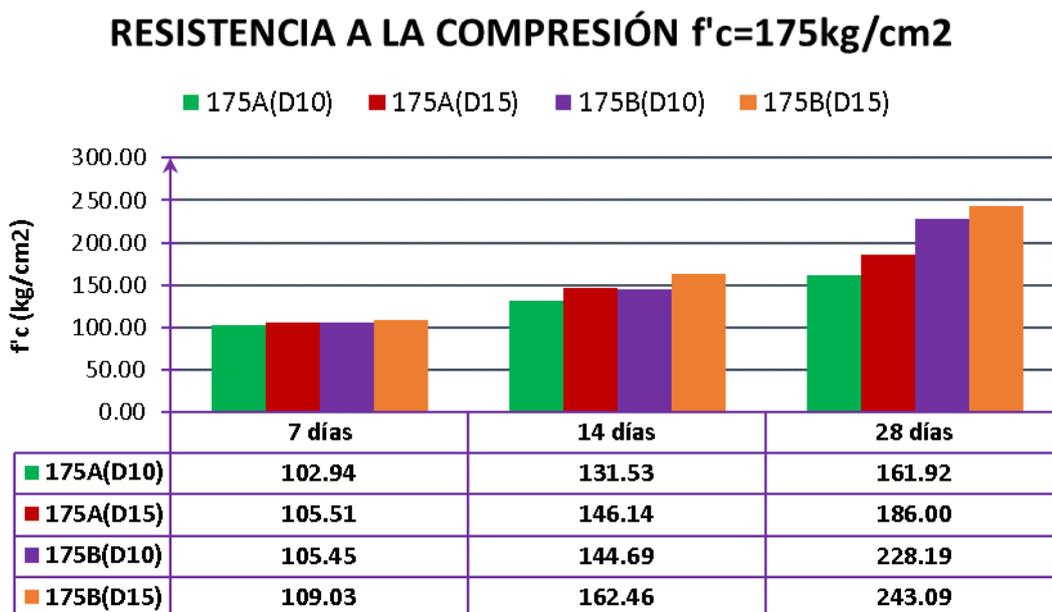
Nota: Elaboración Propia

A continuación, se muestran diagramas de barras, donde se observan las medias de los resultados de compresión simple obtenidos.

La Figura 12 detalla la evolución de las resistencias a compresión obtenidas por los grupos de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm para  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, se observa que, a la edad de 7 días las resistencias obtenidas son similares entre los especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm. A las edades de 14 y 28 días, se hace evidente la existencia de diferencia entre las resistencias de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm.

**Figura 12**

*Resistencia a la compresión  $f'c=175$ kg/cm<sup>2</sup>*

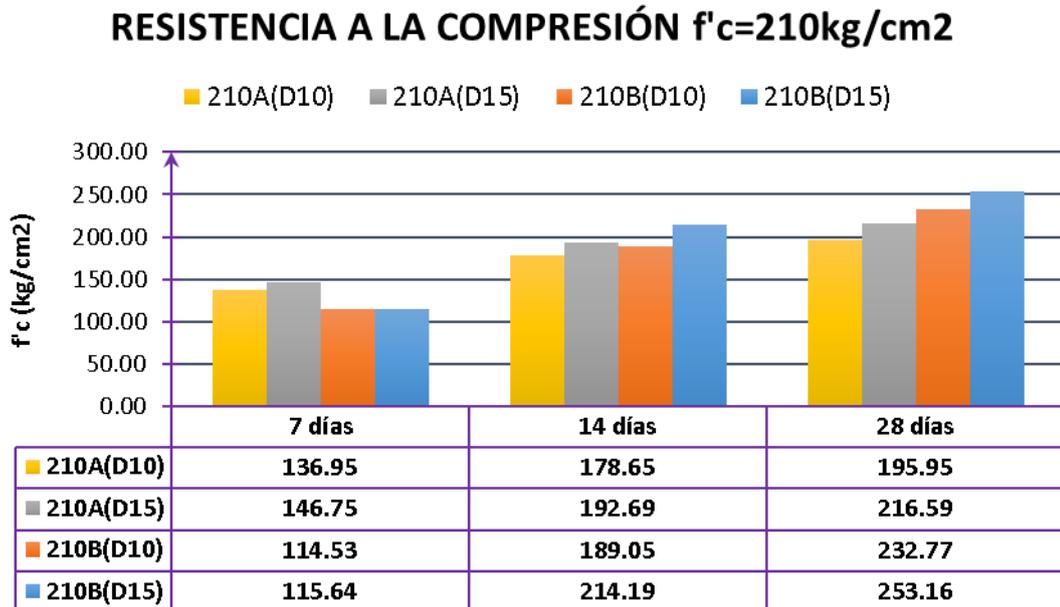


Nota: D10 y D15 son diámetros de espécimen en cm. A y B: cementos utilizados. Elaboración propia

La Figura 13 nos muestra la evolución de las resistencias a compresión obtenidas por los grupos de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, se observa que, a la edad de 7 días las resistencias obtenidas son similares entre los especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm elaboradas con cemento B. A las edades de 14 y 28 días, se hace evidente la existencia de diferencia entre las resistencias de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm en ambos grupos de cemento.

**Figura 13**

*Resistencia a la compresión  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$*

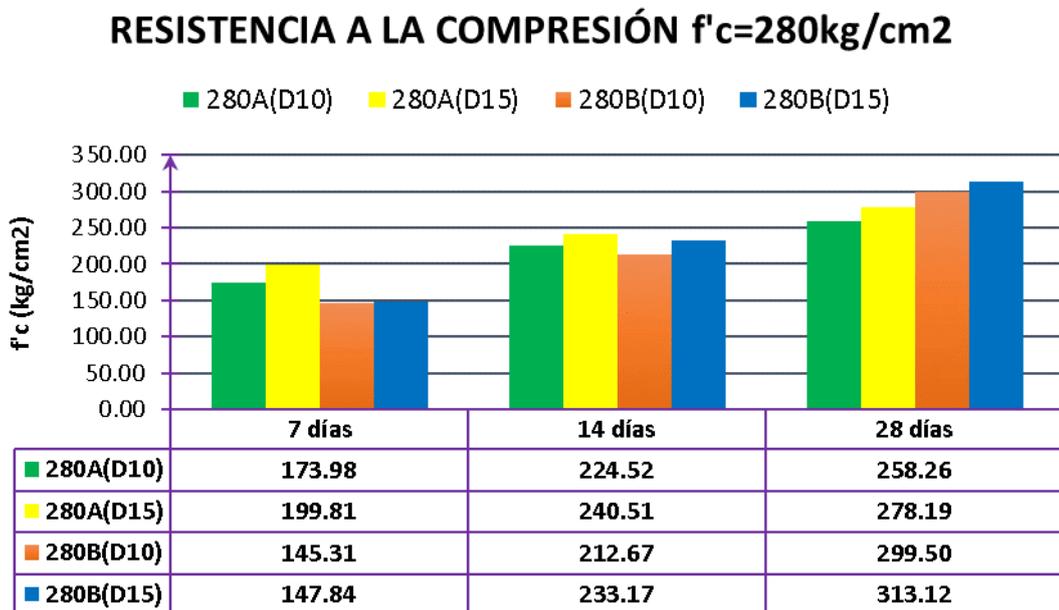


Nota: D10 y D15 son diámetros de espécimen en cm. A y B: cementos utilizados. Elaboración propia

La Figura 14 muestra la evolución de las resistencias a compresión obtenidas por los grupos de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm para  $f'_c=280\text{ kg/cm}^2$ , se observa que, a la edad de 7 días las resistencias obtenidas son similares entre los especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm elaboradas con cemento B. A las edades de 14 y 28 días, se hace evidente la existencia de diferencia entre las resistencias de especímenes de 100mmx200mm y 150mmx300mm en ambos grupos de cemento.

**Figura 14**

*Resistencia a la compresión  $f'_c=280\text{kg/cm}^2$*



Nota: D10 y D15 son diámetros de espécimen en cm. A y B: cementos utilizados. Elaboración propia

#### 4.1.1. Estándar de control de calidad del concreto ACI-214R

A continuación, se evalúan los grupos de datos tomando como referencia el estándar de control de calidad del código ACI-214R detallado en la Tabla 3.



**Tabla 42**

*Estándar de control de dispersión, especímenes mezcla A*

<b>Diseño f'c</b>	<b>Dimens.</b>	<b>Edad</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Coef. de variación</b>	<b>Estándar de control</b>
175	15x30	7	105.51	2.27	2.15%	Muy bueno
175	10x20	7	102.94	0.95	0.92%	Excelente
175	15x30	14	146.14	2.63	1.80%	Excelente
175	10x20	14	131.53	3.24	2.46%	Muy bueno
175	15x30	28	186.00	3.69	1.98%	Excelente
175	10x20	28	161.92	1.75	1.08%	Excelente
210	15x30	7	146.75	2.84	1.93%	Excelente
210	10x20	7	136.95	2.46	1.80%	Excelente
210	15x30	14	192.69	2.39	1.24%	Excelente
210	10x20	14	178.65	2.81	1.57%	Excelente
210	15x30	28	216.59	2.88	1.33%	Excelente
210	10x20	28	195.95	4.66	2.38%	Muy bueno
280	15x30	7	199.81	3.87	1.94%	Excelente
280	10x20	7	173.98	3.63	2.09%	Muy bueno
280	15x30	14	240.51	4.11	1.71%	Excelente
280	10x20	14	224.52	3.32	1.48%	Excelente
280	15x30	28	278.19	3.60	1.29%	Excelente
280	10x20	28	258.26	5.14	1.99%	Excelente

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 42 resume el estándar de control de dispersión de cada grupo de ensayos, se puede apreciar que el intervalo es de excelente a muy bueno.

**Tabla 43**

*Estándar de control de dispersión, especímenes mezcla B*

Diseño f <sup>c</sup>	Dimens.	Edad	Media	Desv. Estándar	Coef. de variación	Estándar de control
175	15x30	7	109.03	1.39	1.28%	Excelente
175	10x20	7	105.45	4.52	4.29%	Aceptable
175	15x30	14	162.46	3.44	2.12%	Muy bueno
175	10x20	14	144.69	4.55	3.15%	Bueno
175	15x30	28	243.09	5.06	2.08%	Muy bueno
175	10x20	28	228.19	5.20	2.28%	Muy bueno
210	15x30	7	115.64	1.58	1.37%	Excelente
210	10x20	7	114.53	3.66	3.19%	Bueno
210	15x30	14	214.19	7.53	3.51%	Aceptable
210	10x20	14	189.05	6.18	3.27%	Excelente
210	15x30	28	253.16	7.32	2.89%	Bueno
210	10x20	28	232.77	2.17	0.93%	Excelente
280	15x30	7	147.84	1.69	1.14%	Excelente
280	10x20	7	145.31	2.79	1.92%	Excelente
280	15x30	14	233.17	3.66	1.57%	Excelente
280	10x20	14	212.67	5.26	2.47%	Bueno
280	15x30	28	313.12	2.27	0.72%	Excelente
280	10x20	28	299.50	5.36	1.79%	Excelente

Nota: Elaboración Propia

En la Tabla 43, se observa el estándar de control de dispersión entre briquetas, se aprecia que, el intervalo varía entre excelente a aceptable.

**Tabla 44**

*Control de dispersión para ensayos con platos de 10cm y 15cm*

Diseño f <sup>c</sup>	D. Plato	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Estándar de control
175	10cm	150.64	4.36	2.89%	Muy bueno
	15cm	59.70	2.83	4.74%	Aceptable
210	10cm	177.58	6.25	3.52%	Bueno
	15cm	61.63	2.88	4.68%	Aceptable
280	10cm	262.36	9.40	3.58%	Bueno
	15cm	82.68	3.84	4.64%	Suficiente

Nota: Elaboración Propia



En comparación a los grupos anteriores detallados en las Tablas 42 y 43; en la Tabla 44 se aprecia que, para los especímenes de 10 cm de diámetro ensayados con platos de retención de 15 cm, el estándar de control de dispersión es ligeramente más bajo pero que califica como aceptable según la Tabla 3.

## **4.2. TEST DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILK**

Obtenidos los datos y antes de realizar la prueba de hipótesis; se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, la cual es recomendada para muestras menores a 50 datos, a fin de determinar si los datos provienen de una distribución normal.

### **4.2.1. Test de normalidad para especímenes de 10cmx20cm y 15cmx30cm**

#### **4.2.1.1. Nivel de significancia**

El nivel de significancia elegido en el presente trabajo es del 5% (0.05), es decir, el nivel de certeza es del 95%.

Para este nivel de significancia y número de muestras ( $n=3$ ), el valor  $W_t$  en las tablas estadísticas de Shapiro-Wilk es de 0.767 (ver Anexo 3)

#### **4.2.1.2. Planteamiento de hipótesis**

Es necesario plantear una hipótesis nula y una hipótesis alterna. A continuación, se plantean ambas hipótesis:

- $H_0$ : hipótesis nula: los datos provienen de una distribución normal
- $H_1$ : hipótesis alterna: los datos no provienen de una distribución normal.

#### 4.2.1.3. Regla de decisión

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, se analizan los valores de  $W_t$  y  $W_c$  y se hace uso de la regla siguiente:

- Si  $W_c > W_t$ , entonces, se acepta la hipótesis nula  $H_0$ .
- Si  $W_c < W_t$ , entonces, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Analizados los grupos de datos, según lo descrito anteriormente.

Las Tablas 45 al 50, muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 45**

*Test de normalidad muestras  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , mezcla A*

Tamaño	$f'c$	Media	ai	b	$S^2$	$W_c$	$W_t$	$H_0$
15cmx30cm	108.05	105.51	0.7071	3.08	10.298	0.923	0.767	Se acepta
	104.78							
	103.69							
15cmx30cm	143.65	146.14	0.7071	3.71	13.880	0.992	0.767	Se acepta
	148.89							
	145.87							
15cmx30cm	182.26	186.00	0.7071	5.22	27.236	0.999	0.767	Se acepta
	189.64							
	186.10							
10cmx20cm	102.12	102.94	0.7071	1.31	1.803	0.959	0.767	Se acepta
	103.98							
	102.72							
10cmx20cm	128.77	131.53	0.7071	4.47	20.931	0.955	0.767	Se acepta
	135.09							
	130.74							
10cmx20cm	160.61	161.92	0.7071	2.33	6.094	0.890	0.767	Se acepta
	163.91							
	161.26							

Nota: Elaboración Propia



**Tabla 46**

*Test de normalidad muestras  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , mezcla A*

<b>Tamaño</b>	<b>f'c</b>	<b>Media</b>	<b>ai</b>	<b>b</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>Wc</b>	<b>Wt</b>	<b>Ho</b>
15cmx30cm	143.96	146.75	0.7071	4.01	16.083	0.999	0.767	Se acepta
	146.67							
	149.63							
15cmx30cm	195.43	192.69	0.7071	3.08	11.409	0.833	0.767	Se acepta
	191.56							
	191.07							
15cmx30cm	213.57	216.59	0.7071	4.05	16.558	0.991	0.767	Se acepta
	216.91							
	219.30							
10cmx20cm	139.63	136.95	0.7071	3.43	12.149	0.970	0.767	Se acepta
	136.46							
	134.77							
10cmx20cm	175.92	178.65	0.7071	3.97	15.753	0.998	0.767	Se acepta
	181.52							
	178.51							
10cmx20cm	200.46	195.95	0.7071	6.59	43.494	0.997	0.767	Se acepta
	196.23							
	191.15							

Nota: Elaboración Propia



**Tabla 47**

*Test de normalidad muestras  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , mezcla A*

Tamaño	f'c	Media	ai	b	S <sup>2</sup>	Wc	Wt	Ho
15cmx30cm	196.58	199.81	0.7071	5.32	29.972	0.944	0.767	Se acepta
	204.10							
	198.75							
15cmx30cm	238.55	240.51	0.7071	5.29	33.753	0.829	0.767	Se acepta
	245.23							
	237.75							
15cmx30cm	275.76	278.19	0.7071	4.64	25.862	0.832	0.767	Se acepta
	276.49							
	282.32							
10cmx20cm	172.92	173.98	0.7071	4.96	26.318	0.936	0.767	Se acepta
	178.02							
	171.00							
10cmx20cm	228.20	224.52	0.7071	4.56	22.079	0.943	0.767	Se acepta
	223.60							
	221.75							
10cmx20cm	252.51	258.26	0.7071	7.00	52.828	0.928	0.767	Se acepta
	259.86							
	262.41							

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 48**

*Test de normalidad muestras  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , mezcla B*

<b>Tamaño</b>	<b>f'c</b>	<b>Media</b>	<b>ai</b>	<b>b</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>Wc</b>	<b>Wt</b>	<b>Ho</b>
15cmx30cm	110.63	109.03	0.7071	1.78	3.874	0.814	0.767	Se acepta
	108.12							
	108.33							
15cmx30cm	158.55	162.46	0.7071	4.55	23.640	0.876	0.767	Se acepta
	164.99							
	163.86							
15cmx30cm	237.26	243.09	0.7071	6.46	51.212	0.814	0.767	Se acepta
	245.61							
	246.39							
10cmx20cm	110.24	105.45	0.7071	6.35	40.899	0.987	0.767	Se acepta
	101.25							
	104.85							
10cmx20cm	144.62	144.69	0.7071	6.44	41.468	1.000	0.767	Se acepta
	140.17							
	149.28							
10cmx20cm	233.62	228.19	0.7071	7.32	54.016	0.993	0.767	Se acepta
	227.70							
	223.26							

Nota: Elaboración Propia



**Tabla 49**

*Test de normalidad muestras  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , mezcla B*

<b>Tamaño</b>	<b>f'c</b>	<b>Media</b>	<b>ai</b>	<b>b</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>Wc</b>	<b>Wt</b>	<b>Ho</b>
15cmx30cm	113.91 117.01 116.01	115.64	0.7071	2.19	5.004	0.960	0.767	Se acepta
15cmx30cm	205.93 220.67 215.97	214.19	0.7071	10.42	113.299	0.958	0.767	Se acepta
15cmx30cm	249.78 261.56 248.15	253.16	0.7071	9.48	107.076	0.840	0.767	Se acepta
10cmx20cm	118.32 111.03 114.25	114.53	0.7071	5.16	26.759	0.996	0.767	Se acepta
10cmx20cm	183.57 195.75 187.84	189.05	0.7071	8.61	76.383	0.971	0.767	Se acepta
10cmx20cm	235.28 231.45 231.57	232.77	0.7071	2.71	9.461	0.774	0.767	Se acepta

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 50**

*Test de normalidad muestras  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , mezcla B*

Tamaño	f'c	Media	ai	b	S <sup>2</sup>	Wc	Wt	Ho
15cmx30cm	148.26	147.84	0.7071	2.33	5.694	0.954	0.767	Se acepta
	145.99							
	149.28							
15cmx30cm	237.16	233.17	0.7071	5.09	26.863	0.966	0.767	Se acepta
	229.96							
	232.38							
15cmx30cm	311.34	313.12	0.7071	3.07	10.299	0.913	0.767	Se acepta
	312.35							
	315.68							
10cmx20cm	148.33	145.31	0.7071	3.90	15.623	0.973	0.767	Se acepta
	144.77							
	142.82							
10cmx20cm	218.38	212.67	0.7071	7.31	55.240	0.968	0.767	Se acepta
	208.04							
	211.59							
10cmx20cm	293.53	299.50	0.7071	7.33	57.377	0.936	0.767	Se acepta
	301.06							
	303.90							

Nota: Elaboración Propia

Las Tablas 45, 46, 47, 48, 49 y 50, muestran que el valor Wc (estadístico de prueba calculado) es mayor al valor Wt (valor crítico de tabla estadística), por tanto, se acepta la hipótesis Ho y concluimos que los datos provienen de una distribución normal para todos los grupos evaluados.



## **4.2.2. Test de normalidad para especímenes de 10cmx20cm ensayados con platos de 10cm y 15 cm**

### **4.2.2.1. Nivel de significancia**

El nivel de significancia elegido en el presente trabajo es del 5% (0.05), es decir, el nivel de certeza es del 95%.

Para este nivel de significancia y número de muestras ( $n=5$ ), el valor  $W_t$  en las tablas estadísticas de Shapiro-Wilk es de 0.762 (ver Anexo 3)

### **4.2.2.2. Planteamiento de hipótesis**

Es necesario plantear una hipótesis nula y una hipótesis alterna. A continuación, se plantean ambas hipótesis:

- $H_0$ : hipótesis nula: los datos provienen de una distribución normal
- $H_1$ : hipótesis alterna: los datos no provienen de una distribución normal

### **4.2.2.3. Regla de decisión**

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula, se analizaron los valores de  $W_t$  y  $W_c$  y se utilizó la regla siguiente:

- Si  $W_c > W_t$ , entonces, se acepta la hipótesis nula  $H_0$ .
- Si  $W_c < W_t$ , entonces, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Realizado el análisis de normalidad, la Tabla 51 nos presenta los resultados obtenidos.

**Tabla 51**

*Prueba de normalidad a especímenes de 10cm ensayados con platos de 10cm y 15 cm*

Especímenes 10cmx20cm ensayados con platos retenedores de 10cm y 15 cm									
Plat o	f'c diseño	f'c	Media	ai	b	S2	Wc	Wt	Ho
10 cm	175	144.98	150.64	0.6646	7.19	76.046	0.968	0.762	Se acepta
		148.25		0.2413	1.39				
		150.12		0.0000					
		154.02							
		155.80			8.58				
15 cm	175	55.46	59.70	0.6646	4.89	32.068	0.963	0.762	Se acepta
		58.83		0.2413	0.67				
		59.79		0.0000					
		61.61							
		62.81			5.56				
10 cm	210	170.36	177.58	0.6646	10.35	156.115	0.937	0.762	Se acepta
		174.69		0.2413	1.75				
		174.95		0.0000					
		181.95							
		185.93			12.10				
15 cm	210	58.71	61.63	0.6646	4.12	33.225	0.868	0.762	Se acepta
		59.21		0.2413	1.25				
		60.95		0.0000					
		64.39							
		64.91			5.37				
10 cm	280	249.25	262.36	0.6646	15.86	353.519	0.969	0.762	Se acepta
		256.85		0.2413	2.65				
		264.78		0.0000					
		267.82							
		273.11			18.51				
15 cm	280	75.96	82.68	0.6646	6.11	58.991	0.724	0.762	No se acepta
		83.35		0.2413	0.43				
		83.81		0.0000					
		85.12							
		85.15			6.54				

Nota: f'c: resistencia a la compresión expresada en kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia

En la Tabla 51 se aprecia que, la hipótesis nula Ho es aceptada, por tanto, los grupos de datos provienen de una distribución normal, a excepción del grupo de especímenes con f'c=280 kg/cm<sup>2</sup> que fueron



ensayados con platos de retención de 15 cm, lo cual es concordante con la Tabla 44 que nos muestra una mayor dispersión en el mismo grupo de datos.

### **4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

La prueba de hipótesis se desarrolló mediante el método paramétrico “t de student” para la comparación de medias de dos grupos independientes.

#### **4.3.1. Prueba de hipótesis para especímenes de 10cmx20cm y 15cmx30cm**

##### **4.3.1.1. Nivel de significancia**

El nivel de significancia de la prueba será de 5% ( $\alpha=0.05$ ), es decir, se tiene un nivel de certeza del 95%, para el presente estudio el análisis estadístico se realizó a dos colas, por ende, se tomó en consideración  $\alpha/2=0.025$ .

El valor de “ts”, obtenido a partir de la tabla estadística t (Anexo 3), es igual a 2.776 para un grado de libertad igual a 4.

##### **4.3.1.2. Planteamiento de hipótesis**

Enseguida, se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alterna ( $H_1$ ):

- $H_0$ : No existe diferencia significativa entre los resultados del ensayo a compresión simple de especímenes de 150mmx300mm y de 100mmx200mm.

- H1: Existe diferencia significativa entre los resultados del ensayo a compresión simple de especímenes de 150mmx300mm y de 100mmx200mm.

#### 4.3.1.3. Regla de decisión

Se acepta  $H_0$ , si el valor absoluto calculado para “ $t_p$ ” es menor al valor absoluto de “ $t_s$ ” obtenido de tabla y se rechaza  $H_0$  cuando suceda lo contrario.

La Tabla 52 muestra que,  $|t_p| > |t_s|$ , para los resultados a 14 y 28 días, por tanto, la diferencia entre resistencias de especímenes de 15cmx30cm y 10cmx20cm es significativa, con excepción de los obtenidos a los 7 días, donde  $|t_p| < |t_s|$ .

**Tabla 52**

*Prueba de hipótesis a grupo de datos  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  mezcla A*

Edad (días)	Tamaño	N.º Muestras	Media (u)	Desv. Estand.	Sp	gl	tp	ts	¿La diferencia es significativa?
7	15x30	3	105.51	2.27	1.74	4	1.808	2.776	NO
	10x20	3	102.94	0.95					
14	15x30	3	146.14	2.63	2.95	4	6.064	2.776	SÍ
	10x20	3	131.53	3.24					
28	15x30	3	186.00	3.69	2.89	4	10.214	2.776	SÍ
	10x20	3	161.92	1.75					

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 53 muestra que,  $|t_p| > |t_s|$  para los resultados a 7, 14 y 28 días, por tanto, la diferencia entre resistencias de 15cmx30cm y 10cmx20cm es significativa

**Tabla 53**

*Prueba de hipótesis a grupo de datos  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> mezcla A*

Edad (días)	Tamaño	N.º Muestras	Media (u)	Desv. Estand.	Sp	gl	tp	ts	¿La diferencia es significativa?
7	15x30	3	146.75	2.84	2.66	4	4.518	2.776	SÍ
	10x20	3	136.95	2.46					
14	15x30	3	192.69	2.39	2.61	4	6.599	2.776	SÍ
	10x20	3	178.65	2.81					
28	15x30	3	216.59	2.88	3.87	4	6.525	2.776	SÍ
	10x20	3	195.95	4.66					

Nota: El tamaño de las muestras se encuentra en (cmxcm). Elaboración Propia

La Tabla 54 muestra que,  $|tp| > |ts|$  para los resultados a 7, 14 y 28 días, por tanto, la diferencia entre resistencias de 15cmx30cm y 10cmx20cm es significativa.

**Tabla 54**

*Prueba de hipótesis a grupo de datos  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> mezcla A*

Edad (días)	Tamaño	N.º Muestras	Media (u)	Desv. Estand.	Sp	gl	tp	ts	¿La diferencia es significativa?
7	15x30	3	199.81	3.87	3.75	4	8.434	2.776	SÍ
	10x20	3	173.98	3.63					
14	15x30	3	240.51	4.11	3.74	4	5.241	2.776	SÍ
	10x20	3	224.52	3.32					
28	15x30	3	278.19	3.60	4.44	4	5.502	2.776	SÍ
	10x20	3	258.26	5.14					

Nota: El tamaño de las muestras se encuentra en (cmxcm). Elaboración Propia



La Tabla 55 muestra que,  $|t_p| > |t_s|$ , para los resultados a 14 y 28 días, por tanto, la diferencia entre resistencias de 15cmx30cm y 10cmx20cm es significativa, con excepción de los resultados obtenidos a los 7 días, donde sucede que  $|t_p| < |t_s|$ .

**Tabla 55**

*Prueba de hipótesis a grupo de datos  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  mezcla B*

Edad (días)	Tamaño	N.º Muestras	Media (u)	Desv. Estand.	Sp	gl	tp	ts	¿La diferencia es significativa?
7	15x30	3	109.03	1.39	3.35	4	1.310	2.776	<b>NO</b>
	10x20	3	105.45	4.52					
14	15x30	3	162.46	3.44	4.03	4	5.395	2.776	<b>SÍ</b>
	10x20	3	144.69	4.55					
28	15x30	3	243.09	5.06	5.13	4	3.557	2.776	<b>SÍ</b>
	10x20	3	228.19	5.20					

Nota: El tamaño de las muestras se encuentra en (cmxcm). Elaboración Propia



La Tabla 56 muestra que,  $|t_p| > |t_s|$ , para los resultados a 14 y 28 días, por tanto, la diferencia entre resistencias de 15cmx30cm y 10cmx20cm es significativa, con excepción de los resultados obtenidos a los 7 días, donde sucede que  $|t_p| < |t_s|$ .

**Tabla 56**

*Prueba de hipótesis a grupo de datos  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  mezcla B*

Edad (días)	Tamaño	N.º Muestras	Media (u)	Desv. Estand.	Sp	gl	tp	ts	¿La diferencia es significativa?
7	15x30	3	115.64	1.58	2.82	4	0.481	2.776	NO
	10x20	3	114.53	3.66					
14	15x30	3	214.19	7.53	6.89	4	4.471	2.776	SÍ
	10x20	3	189.05	6.18					
28	15x30	3	253.16	7.32	5.40	4	4.628	2.776	SÍ
	10x20	3	232.77	2.17					

Nota: El tamaño de las muestras se encuentra en (cmxcm). Elaboración Propia



La Tabla 57 muestra que,  $|tp| > |ts|$ , para los resultados a 14 y 28 días, por tanto, la diferencia entre resistencias de 15cmx30cm y 10cmx20cm es significativa, con excepción de los resultados obtenidos a los 7 días, donde sucede que  $|tp| < |ts|$ .

**Tabla 57**

*Prueba de hipótesis a grupo de datos  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  mezcla B*

Edad (días)	Tamaño	N.º Muestras	Media (u)	Desv. Estand.	Sp	gl	tp	ts	¿La diferencia es significativa?
7	15x30	3	147.84	1.69	2.31	4	1.346	2.776	NO
	10x20	3	145.31	2.79					
14	15x30	3	233.17	3.66	4.53	4	5.542	2.776	SÍ
	10x20	3	212.67	5.26					
28	15x30	3	313.12	2.27	4.11	4	4.058	2.776	SÍ
	10x20	3	299.50	5.36					

Nota: El tamaño de las muestras se encuentra en (cmxcm). Elaboración Propia

#### 4.3.2. Prueba de hipótesis para especímenes de 10cmx20cm ensayados con platos retenedores de 10cm y 15cm

##### 4.3.2.1. Nivel de significancia

El nivel de significancia de la prueba será de 5% ( $\alpha=0.05$ ), es decir, se tiene un nivel de certeza del 95%, el análisis estadístico se realizó a dos colas, por ende, se tomó en consideración  $\alpha/2=0.025$ .

El valor de “ts” se obtuvo a partir de la tabla estadística t (Anexo 3), de donde  $ts=2.306$  para un grado de libertad igual a 8.



#### 4.3.2.2. Planteamiento de hipótesis

Enseguida, se plantea la hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alterna ( $H_1$ ):

- $H_0$ : No existe diferencia significativa entre los resultados del ensayo de compresión simple con platos retenedores de 10cm y 15cm.
- $H_1$ : Existe diferencia significativa entre los resultados del ensayo de compresión simple con platos retenedores de 10cm y 15cm.

#### 4.3.2.3. Regla de decisión

Se acepta  $H_0$ , si el valor absoluto calculado para “ $t_p$ ” es menor al valor absoluto de “ $t_s$ ” obtenido de tabla y se rechaza  $H_0$  cuando suceda lo contrario.

A continuación, se muestran las pruebas estadísticas desarrolladas a los grupos de datos del presente trabajo de investigación:

**Tabla 58**

*Test t-student de especímenes de 10 cm ensayados con platos de 10 cm y 15 cm*

<b>f<sup>c</sup></b>	<b>Tamaño plato</b>	<b>Nº. Muestras</b>	<b>Media (u)</b>	<b>Desv. Estánd.</b>	<b>Sp</b>	<b>gl</b>	<b>tp</b>	<b>ts</b>	<b>Ho</b>
175 kg/cm <sup>2</sup>	10 cm	5	150.64	4.36023	3.6 8	8.0 00	- 39.1 12	2.3 06	No se acep ta
	15 cm	5	59.70	2.83145					
210 kg/cm <sup>2</sup>	10 cm	5	177.58	6.2473	4.8 6	8.0 00	- 37.6 82	2.3 06	No se acep ta
	15 cm	5	61.63	2.88207					
280 kg/cm <sup>2</sup>	10 cm	5	262.36	9.40105	7.1 8	8.0 00	- 39.5 65	2.3 06	No se acep ta
	15 cm	5	82.68	3.84027					

Nota: Elaboración propia

#### **4.3.3. Resumen de prueba de hipótesis**

La Tabla 59 muestra el resumen de las pruebas de hipótesis de las Tablas 52, 53, 54, 55, 56 y 57.

**Tabla 59**

*Resumen global de resultados*

Grupo	Diseño f'c	Edad	Media 15cmx30cm	Media 10cmx20cm	¿diferencia es significativa?	¿cuánta diferencia?
A	175	7	105.51	102.94	NO	----
		14	146.14	131.53	SÍ	9.99%
		28	186.00	161.92	SÍ	12.94%
	210	7	146.75	136.95	SÍ	6.68%
		14	192.69	178.65	SÍ	7.29%
		28	216.59	195.95	SÍ	9.53%
	280	7	199.81	173.98	SÍ	12.93%
		14	240.51	224.52	SÍ	6.65%
		28	278.19	258.26	SÍ	7.16%
B	175	7	109.03	105.45	NO	----
		14	162.46	144.69	SÍ	10.94%
		28	243.09	228.19	SÍ	6.13%
	210	7	115.64	114.53	NO	----
		14	214.19	189.05	SÍ	11.74%
		28	253.16	232.77	SÍ	8.06%
	280	7	147.84	145.31	NO	----
		14	233.17	212.67	SÍ	8.79%
		28	313.12	299.50	SÍ	4.35%

Nota: La columna Grupo distingue los diseños de mezcla elaborados con el cemento A y cemento B. f'c: resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración Propia

La Tabla 60 nos presenta el resumen de la prueba t-student de los especímenes de 10cmx20cm que fueron ensayados con platos retenedores de 10 cm y 15 cm.

**Tabla 60***Resumen de ensayos realizados con platos de 10cm y 15 cm de diámetro*

Diseño f'c	D. Plato	Media	Desviación estándar	¿existe diferencia?	¿Cuánta diferencia?
175	10cm	150.64	4.36	SÍ	60.37%
	15cm	59.70	2.83		
210	10cm	177.58	6.25	SÍ	65.29%
	15cm	61.63	2.88		
280	10cm	262.36	9.40	SÍ	68.49%
	15cm	82.68	3.84		

Nota: La comparación para determinar si existe diferencia se realiza entre las medias de cada grupo mostradas en la columna 3. Elaboración Propia

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Acorde a los resultados obtenidos en la presente investigación decimos que, el tamaño de los especímenes influye en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto.

De Azevedo et al. (2020) en su estudio obtuvieron resistencias menores en 10.78% y 25.39% de muestras de 50x100mm respecto a la resistencia de 100x200mm para concretos de resistencia 20MPa y 30MPa elaborado con agregado de TM=25mm (1 pulgada) , menciona que el “efecto pared” se observa claramente en los cilindros de 5cmx10cm, ligeramente influyente en los cilindros de 10cmx20cm e insignificante en los de 15cmx30cm, esto debido a que observó que mientras mayor sea el TM del agregado en especímenes de menor tamaño, mayor será la presencia de mortero en la sección transversal con picos significativos en las paredes; añade que, en los concretos de resistencia 20-30MPa, las trayectorias de fractura tienden a propagarse a través del mortero, de este modo es lógico pensar que el TM del agregado tiene una influencia directa en la resistencia a compresión de especímenes de menor escala. Concluyen que, si el tamaño máximo de los agregados es suficientemente pequeño de tal forma que



garantice homogeneidad, la diferencia entre las resistencias es mínima. Estos hallazgos pueden ser aplicados al presente estudio ya que se observó que la resistencia alcanzada en los especímenes de 10cmx20cm se ven reducidas en 9.53% y 7.16% con respecto a los cilindros de 15cmx30cm, lo cual está ligado al  $TM=1\frac{1}{2}$ '' utilizado, que de acuerdo a lo señalado por De Azevedo et al. (2020) reduciría la homogeneidad en la sección transversal de los especímenes de menor tamaño.

Buller et al. (2020) en su artículo donde utilizó una relación  $a/c=0.54$ , determinaron factores de relación iguales a 3.1423 para cilindros de 8"x16", 0.9138 para especímenes de 4"x8", 0.8540 para briquetas de 3"x6" y 0.6120 para muestras de 2"x4" con respecto al resultado de cilindros de 6"x12", para probetas en las que se reemplazó el 50% del agregado grueso por material reciclado de concretos antiguos, ensayadas a una edad de 28 días. En general, halló mayores resistencias para mayores tamaños de espécimen. Es decir, los cilindros de 4"x8" alcanzaron resistencias menores en 8.62% respecto a la resistencia de especímenes de 6"x12", lo cual es similar a los resultados de la presente investigación donde dicha diferencia es de 9.53% a la misma edad de ensayo en concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2(a/c=0.558)$ . Esta similitud de resultados puede estar ligado a que en ambos estudios se utilizó agregado del mismo tamaño máximo equivalente a  $1\frac{1}{2}$ '' que, como mencionan los autores De Azevedo et al. (2020) tiene mayor impacto sobre la homogeneidad del concreto en cilindros de menor tamaño.

Talaat et al. (2021) concluyeron que a medida que se modifica el tamaño de los especímenes, la resistencia a la compresión experimenta cambios. Esta variabilidad no es uniforme y difiere según la forma de los especímenes. Añadiendo a sus afirmaciones que, la relación entre el tamaño del agregado grueso y el tamaño del espécimen juega un papel importante debido al "efecto pared" que se traduce en la pérdida de homogeneidad



transversal debido a las partículas de mayor tamaño dentro del molde, afectando directamente la resistencia; esto se acentúa a medida que crece la relación (tamaño del agregado/tamaño del espécimen). Estas afirmaciones se ven reflejadas en los hallazgos de la presente investigación donde se utilizó agregado de tamaño máximo igual a 1''(25mm), el cual afectaría negativamente a la homogeneidad transversal reduciendo la resistencia obtenida de los cilindros de 10cmx20cm; por el contrario, las briquetas de 15x30cm se verían menos afectadas por el tamaño máximo del agregado.

Salman et al. (2020), en su investigación utilizaron agregado grueso de  $TM=10\text{mm}$  ( $3/8''$ ) y relación  $a/c=0.50$ , el cual, por su tamaño proporciona mayor homogeneidad incluso en moldes de reducido tamaño, dicha homogeneidad se tradujo en mayores resistencias hasta en un 10.54% de muestras de 100mmx200mm en relación a las de 150mmx300mm, cabe mencionar que, utilizaron aditivos superplastificantes en diferentes proporciones. Sus resultados son contrarios a los obtenidos en el presente trabajo debido a la diferencia de tamaños máximos de agregado que se utilizó, siendo mucho mayor el de la presente investigación  $TM=38\text{ mm}$ ( $1\frac{1}{2}''$ ) afectando negativamente la homogeneidad y en consecuencia, a la resistencia obtenida de cilindros de menor tamaño.

Del mismo modo que Salman et al., Aguirre (2018) en su estudio correlacional para concretos con relación  $a/c=0.40$ ,  $a/c=0.50$  y  $a/c=0.60$ , encontró que los resultados obtenidos a partir de las muestras de 10cmx20cm son mayores a las que ofrecen las briquetas de 15cmx30cm para las 3 relaciones  $a/c$  planteadas y a las edades de 7, 14, 21, 28 y 45 días. Siendo resultados contrarios a los de la presente investigación debido a la diferencia entre el tamaño máximo de los agregados ( $TMN=3/4''$  utilizado por Aguirre y  $TMN=1''$  utilizado en el presente estudio) que, de acuerdo a los autores anteriormente



mencionados, un mayor tamaño de agregados reduce la homogeneidad dentro del molde afectando de manera negativa la resistencia obtenida, lo cual es observable en los resultados del presente estudio.

- **Concreto de resistencia  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>**

Guillén et al. (2013) en su estudio determinó factores de correlación para concretos de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, dichos factores toman los valores de 1.13 y 1.17 para edades de 7 y 28 días respectivamente, concluyendo que las resistencias de los especímenes de 10cmx20cm son menores en 13% y 17% a los de 15cmx30 para concreto elaborado con agregado de TMN=1''; tanto los resultados y conclusiones de Guillén et al. son similares a las del presente estudio donde las resistencias en las briquetas de 10cmx20cm son menores en 12.93% y 7.16% para las edades de 7 y 28 días, cabe mencionar que también se utilizó agregado de TMN=1'', el cual puede generar un "efecto pared" más acentuado en los especímenes de 10cmx20cm que agregados de menor tamaño máximo nominal.

Perez (2015) en su investigación halló que la resistencia a compresión disminuía a medida que se ensayaba un testigo de menor tamaño. Los resultados obtenidos de especímenes de 6''x12'' fueron superiores en hasta 47 kg/cm<sup>2</sup> respecto a los cilindros de 3''x6'' y en 141.85 kg/cm<sup>2</sup> respecto a los cilindros de 2''x4'', el autor utilizó agregado de TMN=1'', el cual pudo haber sido un aspecto crítico debido a las dimensiones de especímenes que utilizó. Del mismo modo, Breña (2018) encontró que, los resultados de los cilindros de 4"x8" son menores a los resultados de cilindros de 6"x12" en hasta 12.55%, 14.11% y 6.62% para las edades de ensayo de 7, 14 y 28 días para concreto de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, estos hallazgos son similares a los porcentajes de 12.93%, 8.79% y 7.16% hallados en el presente estudio. Los resultados de ambos autores coinciden con la



obtención de menores resistencias para los especímenes de menor tamaño, el factor común en ambos casos es el uso de agregado de  $TMN=1''$  que resulta significativo dentro de la homogeneidad de los moldes de menor tamaño reduciendo la resistencia obtenida.

Por su parte, García (2022) en su estudio obtuvo correlaciones entre las resistencias de especímenes con tamaño  $6'' \times 12''$  y  $4'' \times 8''$ . En su estudio observó resultados mayores para muestras cilíndricas de  $4'' \times 8''$  en relación a los resultados que obtuvo de los especímenes de  $6'' \times 12''$ . Sus resultados son contrarios a los del presente estudio, esto puede atribuirse a las características del agregado que utilizó ( $TMN=3/4''$ ) el cual al ser más pequeño contribuye a la homogeneidad dentro del molde de  $10\text{cm} \times 20\text{cm}$ ; además, trabajó con resistencias de hasta  $450 \text{ kg/cm}^2$ , que puede ser un factor a considerar.

- **Concreto de resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Zabihi y Eren (2014) en su estudio, para el concreto que clasificaron como “STRENGTH LEVEL I” con  $a/c=0.56$  (similar a la relación  $a/c=0.558$  para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  del presente estudio) determinaron que los resultados de briquetas de  $100\text{mm} \times 200\text{mm}$  logran resistencias menores a las probetas de  $150\text{mm} \times 300\text{mm}$ , obteniendo un valor de correlación de 0.84 (equivalente a una diferencia de 16% entre resistencias) para especímenes sometidos a curado sumergido todo el tiempo y de 0.92 expuestos al aire sin curado ensayados a los 28 días. El resultado obtenido por los autores se asemeja al porcentaje de 9.53% hallado en el presente trabajo, donde se observó mayores resistencias para cilindros de  $15\text{cm} \times 30\text{cm}$ , esto puede estar relacionado al tamaño máximo nominal de agregados igual a 20mm que Zabihi y Eren utilizaron, este es similar al  $TMN=25 \text{ mm}$  utilizado en este estudio, ambos lo suficientemente grandes para generar segregación en los moldes de  $10\text{cm} \times 20\text{cm}$ .



Mondragón (2010) en su estudio realizado sobre el concreto de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>, concluyó que los cilindros de 10cmx20cm ofrecen menores resistencias en comparación a los cilindros de 15cmx30cm, observando una diferencia del 25% a la edad de 28 días para  $TM=1''$ , 5% para  $TM=3/4''$  y conforme se reduce el tamaño máximo del agregado grueso, esta variación de resultados también se ve aminorada. Dichas aseveraciones guardan similitud con lo encontrado en el presente estudio debido a que se observó que los resultados de las muestras de 10x20cm son inferiores, considerando que se utilizó agregado de  $TM=1\frac{1}{2}''$  el cual perjudica a la homogeneidad de la mezcla dentro del molde de 10cmx20cm.

Adicionalmente, Guillén et al. (2013) calcularon un factor de correlación ( $f'c_{15x30}/f'c_{10x20}$ ) igual a 1.13, existiendo una diferencia de 13% entre las resistencias de especímenes de 15cmx30cm y 10cmx20cm, siendo menores las de 10cmx20cm a la edad de 28 días, este porcentaje es similar al 9.53% hallado en el presente estudio. El común denominador es el agregado de  $TMN=1''$  y su influencia sobre la homogeneidad en los especímenes de 10cmx20cm.

Aviles (2021) en su estudio realizado en Castrovirreyna, en el que utilizó piedra chancada de  $TM=1/2''$ , obtuvo que la resistencia de especímenes diamantinados de 10cm son menores en hasta 4% en relación a la resistencia de especímenes de 15cmx30cm, este resultado es similar al hallazgo del presente trabajo para concretos de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> donde dicha diferencia es de 9.53% a los 28 días de ensayo.



- **Concreto de Resistencia  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$**

Breña (2018) en su estudio, con respecto al concreto de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  encontró que, las resistencias de los cilindros de 4"x8" son menores a las de especímenes de 6"x12" en 12.5%, 14.4% y 6.73% para las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente estos resultados son similares a los porcentajes de 10.94% y 12.94% hallados en el presente estudio para las edades de 14 y 28 días. El factor clave en esta intersección de resultados es el agregado grueso de  $TMN=3/4''$  que utilizó el autor, este resulta similar al  $TMN=1''$  utilizado en el presente trabajo; estos tamaños de partículas de agregados son considerables en relación al diámetro del espécimen de 10cmx20cm, incidiendo directamente en la homogeneidad de la mezcla dentro del molde.

Con respecto a la influencia de la congruencia de platos retenedores y el diámetro de las muestras de 10cmx20cm, Guillén et al. (2013) concluyeron que, al usar platos retenedores de 15,7cm de diámetro en el ensayo practicado a especímenes de 10cm, la resistencia obtenida disminuye en más del 50%, conclusión que guarda similitud con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación donde se observó que la resistencia de especímenes de 10cmx20cm ensayados con platos retenedores de 15 cm de diámetro disminuye en 60.37%, 65.29% y 68.49% para  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , 210  $\text{kg/cm}^2$  y 280  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente.



## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que, el tamaño de los especímenes de concreto influye de manera significativa en el resultado de resistencia a compresión simple, resultando las siguientes conclusiones específicas:
- El tamaño de especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, las resistencias de especímenes de 10cmx20cm son menores hasta en 10.94% y 12.94% a los de 15cmx30cm para las edades de 14 y 28 días respectivamente. Para la edad de 7 días de ensayo, donde las resistencias iniciales son bajas, no se observa diferencia significativa en los resultados.
- El tamaño de especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, las resistencias de especímenes de 10cmx20cm son menores hasta en 6.68%, 11.74% y 9.53% a las de 15cmx30cm para las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente.
- El tamaño de especímenes influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, las resistencias de especímenes de 10cmx20cm son menores hasta en 12.93%, 8.79% y 7.16% que las obtenidas a partir de especímenes de 15cmx30cm para las edades de 7, 14 y 28 días, respectivamente. Adicionalmente, para la mezcla B, que alcanzó resistencias superiores a los 300 kg/cm<sup>2</sup>, el nivel de diferencia entre los resultados se reduce.
- El tamaño del plato retenedor (diámetro=15cm) influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>. Los especímenes de diámetro 10 cm ensayados bajo esta condición alcanzaron resistencias menores hasta en un 60.37%.



- El tamaño del plato retenedor (diámetro=15cm) influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Los especímenes de diámetro 10 cm ensayados bajo esta condición alcanzaron resistencias menores hasta en un 65.29%.
- El tamaño del plato retenedor (diámetro=15cm) influye significativamente en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. Los especímenes de diámetro 10 cm ensayados bajo esta condición alcanzaron resistencias menores hasta en un 68.49%.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar el efecto del tamaño de los especímenes elaborados y curados bajo las diversas condiciones de obra existentes en la región de Puno.
- Se recomienda investigar utilizando agregado con tamaños máximos nominales de 1” y ¾” correspondientes a granulometrías consideradas en la normativa vigente y que son ampliamente utilizadas. Del mismo modo, considerar el uso de piedra chancada como agregado, diferentes tipos de cemento y concretos de alta resistencia.
- Asimismo, se recomienda realizar el ensayo de compresión simple uniaxial de muestras de 100mmx200mm con platos correspondientes a su tamaño para obtener resultados confiables, independientemente de la resistencia de diseño.
- Finalmente, es recomendable el uso de especímenes de 100mmx200mm para el control de calidad del concreto en obra debido a que nos ofrece múltiples ventajas tales como la facilidad de manipulación, menor volumen de concreto requerido para su elaboración y menor carga aplicada para su ensayo a compresión; tomar en consideración realizar ensayos correspondientes para determinar factores de corrección ya que estos pueden variar acorde a las condiciones dadas tales como tamaño de agregado, nivel de resistencia a compresión, curado, entre otros.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 211. (2011). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute.
- ASTM International. (2018). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C39/C39M-18). [https://doi.org/10.1520/C0039\\_C0039M-18](https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-18)
- Abanto, F. (1997). *Tecnología del concreto*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Aguirre, C. (2018). *Correlación entre núcleos diamantinos de losas de concreto y testigos de 6"x12", 4"x8" para determinar factores de corrección en la resistencia del concreto*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil], Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, Perú, URI: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4983>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (EPISTEME (ed.); 6ta ed., Issue July 2012).
- Aviles, J. G. (2021). *Correlación y grado de confiabilidad de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con métodos destructivos y no destructivos en Castrovirreyna 2021*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil], Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Perú.
- Borja, M. (2016). *Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Breña, H. J. (2019). *Análisis de la influencia del tamaño y tipo de material de las probetas cilíndricas en la resistencia a la compresión en concreto de  $F C = 175, 210$  y  $280$  kg/cm<sup>2</sup>, Huancayo 2018*.
- Buller, A. H., Memon, B. A., Sodhar, J., Oad, M., & Sodhar, I. N. (2020). Effect Of Specimen Size On Strength Of Green Concrete Cylinders. *Agrociencia*, 54(1), 96-106.



- De Azevedo, C. F., de Carvalho, J. M. F., Mendes, J. C., Castro, A. S. S., Barreto, R. R., & Peixoto, R. A. F. (2020). Compressive strength of reduced concrete specimens considering dimensional distortion of coarse aggregates. *Construction and Building Materials*, 257, 119448.
- De La Roz Martínez, I., Puig Martínez, R. A., & Martínez López, F. M. (2020). *Procedimientos para pronosticar la resistencia del hormigón a 28 días desde las edades tempranas*. 2020(2), 20–31.
- Du, C. (2005). A review of magnesium oxide in concrete. *Concrete international*, 27(12), 45-50.
- García Moscoso, F. R. (2022) *Correlación de resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas de 6" x12" y 4" x8", para A/C 0.45, 0.50 y 0.55. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]*, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Perú.
- Gyurkó, Z., & Nemes, R. (2020). Specimen size and shape effect on the compressive strength of normal strength concrete. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 64(1), 276-286.
- Guillén, Y., Soto, J., & Soto, F. (2013). Evaluación del comportamiento de las probetas cilíndricas de dimensiones 10, 6 x 21, 2 cm para el control de calidad del concreto. *Revista ingeniería UC*, 20(3), 35-44.
- Gonzáles, F., & Pérez, M. H. (2023). *Control de calidad del concreto en obra*.
- Guzmán, D. S. De. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*.
- Hernández Montes, E., & Gil Martín, L. M. (2007). *Hormigón armado y pretensado. Concreto reforzado y preesforzado*.
- Hernández, R., Fernández, C., y Pilar, L. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). Editorial McGraw Hill.
- Holmgren, A., Cavieres, G., & Cepeda, R. (2005). La importancia de un correcto curado de las probetas de hormigón, XV Jornadas Chilenas del Hormigón. Construcción.



- ISO. (2018). *ISO 9000:2015 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Kett, I. (2009). *Engineered concrete: mix design and test methods*. CRC Press.
- Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. In *Portland Cement Association: Vol. Primera Ed.* Portland Cement Association.
- Li, Z., Zhou, X., Ma, H., & Hou, D. (2022). *Advanced concrete technology*. John Wiley & Sons.
- Lopez, E. R. (1992). Diseño de mezclas. In *Arquitectura y ciudad: seminario celebrado en Melilla, los días 12, 13 y 14 de diciembre de 1989*. Editorial Hozlo SCRL.
- Mehta, K., & Monteiro, P. (1998). Concreto, estructura, propiedades y materiales. In *IMCyC: Vol. I*.
- Neville, A. M., & Brooks, J. (2010). *Concrete Techonology* (2nd ed.). Editorial Pearson Education.
- Osorio, J. D., (2004). Manual de control de calidad del concreto en la obra.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto* (Vol. 21, Issue 1). Colección del Ingeniero Civil.
- Patiño, O., & Méndez, R. (2017). Control de calidad del concreto (Normas, pruebas y cartas de Control).
- Pérez Buendía, P. (2015). Variación en la resistencia de testigos de concreto por el tamaño y forma de probetas.
- Rivera, G. (2013). Concreto Simple. In *Universidad del Cauca*. Universidad del Cauca.
- Salman, H. K., Yaseen, M. H., Hamid, R. M., Numan, H. A., & Noori, A. N. (2021, February). Effect dimensions and shape of specimens on some mechanical properties of concrete. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1094, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.



- Shetty, M. S., & Jain, A. K. (2019). *Concrete Technology (Theory and Practice)*, 8e. S. Chand Publishing.
- Solís, R., & Moreno, E. (2005). Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. *Ingeniería Revista Académica*, 9(3), 5–17.
- Talaat, A., Emad, A., Tarek, A., Masbouba, M., Essam, A., & Kohail, M. (2021). Factors affecting the results of concrete compression testing: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 205-221.
- Zabihi, N., & Eren, Ö. (2014). Compressive strength conversion factors of concrete as affected by specimen shape and size. *Research journal of applied sciences, engineering and technology*, 7(20), 4251-4257.
- Zayed, A. M., Brown, K., & Hanhan, A. (2004). Effect of sulfur trioxide content on concrete structures using florida materials (No. Report No. 0510754,).



## ANEXOS

**ANEXO 1:** Panel fotográfico

**ANEXO 2:** Fichas técnicas de cemento

**ANEXO 3:** Datos obtenidos en laboratorio

**ANEXO 4:** Tablas estadísticas

**ANEXO 5:** Certificado de laboratorio

**ANEXO 6:** Análisis de propiedades del cemento



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Paul Nilson Pinto Gamorra  
identificado con DNI 74882611 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/a  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
Influencia del tamaño de especímenes en el resultado de  
resistencia a compresión simple del concreto  $f_c = 17.5, 24.0$  y  
 $28.0 \text{ kg/cm}^2$ , Puno - 2023

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como mías las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 02 de mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Paul Nilson Pinto Gamara  
identificado con DNI 74882611 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" Influencia del tamaño de especímenes en el resultado de resistencia a compresión simple del concreto  $f'c=175,210$  y  $280$  kg/cm<sup>2</sup>, Puno - 2023 "

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 02 de mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella