

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“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”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR  
FREDY RENZO GARCIA MOSCOSO**

**ASESOR  
Ing. CARLOS BARZOLA GASTELÚ**

**Lima- Perú  
2022**

© 2022, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

García Moscoso, Fredy Renzo

[Fredygarcia\\_ing@yahoo.com](mailto:Fredygarcia_ing@yahoo.com)

925702452 – 986602507

## *DEDICATORIA*

*A mi padre don Jorge Redy Garcia Revilla, que con amor y dedicación sembró en mí los valores y fuerza para cumplir mis metas.*

*A mi madre María Elena Moscoso Becerra, que con trabajo y esfuerzo me enseñó que todo puede lograrse con dedicación.*

*A mi esposa, mi compañera, Nadia y a mis hijos Adriana y Sebastian, que con su amor son el motor para seguir siempre adelante.*

*A mi hermano Jorge, por el tiempo que me lleva hacia allá y a mi hermana Patricia por su entrega siempre.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por mostrarme el camino.*

*A la Universidad Nacional de Ingeniería por los conocimientos adquiridos en sus aulas.*

*Al Ing. Carlos Barzola Gastelú, mi asesor de tesis, por su guía y orientación en el desarrollo de la presente tesis.*

*Al Ing. Max Huaynalaya Rashuaman, por su guía y orientación, por las lecciones de vida y su ejemplo hacia mí como profesional.*

*A los ingenieros y técnicos del Laboratorio de Ensayo de Materiales, que me guiaron durante los trabajos realizados en este.*

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>PRÓLOGO</b> .....	7
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	8
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
1.1. GENERALIDADES.....	13
1.2. PROBLEMÁTICA .....	14
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1. Objetivo principal .....	14
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	15
<b>CAPÍTULO II. MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	16
2.1. ANTECEDENTES .....	16
2.2. CONCRETO.....	16
2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO .....	17
2.3.1. Consistencia .....	17
2.3.1.1. <i>Definición</i> .....	17
2.3.2. Resistencia .....	17
2.3.2.1. <i>Definición</i> .....	17
2.3.2.2. <i>Consideraciones</i> .....	17
2.4. VARIACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO CON EL USO DE DIFERENTES DIMENSIONES DE MUESTRAS.....	18
2.4.1. Factores que influyen en la variación de resistencia a la compresión..	18
2.4.1.1. <i>Tamaño del agregado</i> .....	18
2.4.1.2. <i>Naturaleza del agregado</i> .....	18
2.4.1.3. <i>Factores físicos en la elaboración</i> .....	18
2.5. COMPONENTES DEL CONCRETO .....	19
2.5.1. Agregados .....	19
2.5.1.1. <i>Agregado grueso</i> .....	19
2.5.1.2. <i>Agregado fino</i> .....	19

2.5.1.3. Hormigón.....	19
2.5.1.4. Agregado global.....	20
2.5.2. Cemento Portland.....	20
2.5.2.1. Cemento usado en la tesis - Cemento Portland Andino Tipo V .....	20
2.5.3. Agua.....	20
2.6. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	21
2.6.1. Granulometría.....	21
2.6.2. Tamaño máximo.....	21
2.6.3. Tamaño máximo nominal .....	21
2.6.4. Módulo de fineza .....	21
2.6.5. Peso unitario.....	22
2.6.5.1. Peso unitario suelto (PUS) .....	22
2.6.5.2. Peso unitario compactado (PUC).....	22
2.6.6. Contenido de humedad .....	22
2.6.7. Porcentaje de absorción.....	23
2.6.8. Peso específico .....	23
2.7. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS .....	23
2.7.1. Media aritmética .....	23
2.7.2. Desviación estándar de las resistencias a la compresión.....	23
2.7.3. Coeficiente de variación de la resistencia .....	24
2.7.4. Correlación .....	24
2.7.4.1. Diagrama de dispersión.....	25
2.7.4.2. Diagrama de dispersión lineal .....	25
2.7.5. Coeficiente de correlación lineal .....	26
2.7.5.1. Requisitos para existencia de correlación lineal .....	26
2.7.6. Prueba formal de existencia de correlación.....	27
<b>CAPÍTULO III. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO</b> .....	<b>28</b>
3.1. GENERALIDADES.....	28
3.2. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	28
3.2.1. Propiedades físicas .....	28
3.2.2. Granulometría del agregado fino .....	28
3.2.3. Granulometría del agregado grueso .....	29
3.3. DETERMINACIÓN DE MÁXIMA COMPACTACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL .....	30

<b>CAPÍTULO IV. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO</b> .....	33
4.1. DISEÑO DE MEZCLA.....	33
4.2. MÉTODO DEL AGREGADO BLOBAI.....	33
4.2.1. Metodología del diseño por agregado global.....	33
4.3. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA.....	34
4.4. OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS.....	36
4.5. DISEÑO DE MEZCLA CON A/C 0.45 .....	38
4.6. DISEÑO DE MEZCLA CON A/C 0.50 .....	38
4.7. DISEÑO DE MEZCLA CON A/C 0.55 .....	39
<b>CAPÍTULO V. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO</b> .....	40
5.1. ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO.....	40
5.1.1. Ensayo de consistencia (NTP 339.035) .....	40
5.1.2. Ensayo de exudación (NTP 339.077) .....	40
5.1.3. Ensayo de fluidez (NTP 339.085) .....	43
5.1.4. Ensayo de peso unitario (NTP 339.046).....	44
5.1.5. Ensayo de tiempo de fraguado (NTP 339.082) .....	45
<b>CAPÍTULO VI. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO</b> .....	49
6.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	49
6.2. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	50
6.2.1. Resistencia a la compresión relación a/c 0.45 .....	50
6.2.2. Resistencia a la compresión relación a/c 0.50 .....	53
6.2.3. Resistencia a la compresión relación a/c 0.55 .....	56
6.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	58
6.3.1. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c=0.45 .....	58
6.3.2. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c=0.50 .....	60
6.3.3. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c=0.55 .....	61
6.3.4. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c=0.45 .....	62
6.3.5. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c=0.50 .....	64
6.3.6. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c=0.55 .....	65

<b>CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	67
7.1. CORRELACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	67
7.1.1. Correlación de resistencia a compresión de muestras cilíndricas 4"x8" y 6"x12" y para la relación agua cemento $a/c=0.45$ .....	67
7.1.2. Correlación de resistencia a compresión de muestras cilíndricas 4"x8" y 6"x12" para la relación agua cemento $a/c=0.50$ .....	68
7.1.3. Correlación de resistencia a compresión de muestras cilíndricas 4"x8" y 6"x12" para la relación agua cemento $a/c=0.55$ .....	70
7.1.4. Requisitos para la existencia de correlación lineal.....	71
7.1.4.1. Existencia de correlación lineal para la relación $a/c=0.45$ .....	71
7.1.4.2. Existencia de correlación lineal para la relación $a/c=0.50$ .....	72
7.1.4.3. Existencia de correlación lineal para la relación $a/c=0.55$ .....	73
7.1.5. Media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación .....	75
7.1.6. Prueba formal de existencia de correlación.....	76
7.1.6.1. Prueba T-Student para la relación $a/c=0.45$ .....	77
7.1.6.2. Prueba T-Student para la relación $a/c=0.50$ .....	77
7.1.6.3. Prueba T-Student para la relación $a/c=0.55$ .....	77
7.2. COMPARACION DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES Y NTP 339.034 .....	78
7.2.1. Comparación de correlaciones .....	78
7.2.2. Comparación de desviaciones estándar.....	78
7.2.3. Comparación de coeficientes de variación .....	78
CONCLUSIONES .....	80
RECOMENDACIONES .....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
ANEXOS .....	84



## RESUMEN

Para la elaboración de la presente investigación se llevó a cabo el diseño de tres mezclas de concreto, cada una de ellas para las relaciones agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55; con estas relaciones se elaboraron probetas cilíndricas de 4"x8" y 6"x12", que fueron sometidas a compresión axial a los 7 y a los 28 días.

El cemento utilizado para estos diseños de mezcla es el Cemento Andino Tipo V, los agregados finos provienen de la cantera "Trapiche" y los agregados gruesos de la cantera "Gloria".

Los ensayos en estado fresco realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales fueron: asentamiento, fluidez, peso unitario, tiempo de fragua y exudación.

La cantidad de probetas elaboradas en total fue de 401, cantidad entre 66 y 69 para cada una de las relaciones a/c.

La resistencia a la compresión promedio hallada a los 28 días fue: A/C=0.45, 6"x12" y 4"x8", 388.57 y 421.66 kg/cm<sup>2</sup>; A/C=0.50, 6"x12" y 4"x8", 376.47 y 390.31 kg/cm<sup>2</sup>; A/C=0.55 6"x12" y 4"x8", 327.34 y 343.19 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Las correlaciones entre las probetas de 6"x12" y de 4"x8" para las muestras elaboradas resultaron lineales, los valores obtenidos variaron entre 0.975 y 0.994.

En estudio anterior, Moro (2015), con el uso de Cemento Portland Tipo I obtuvo valores de correlación entre 0.87 y 0.91.

En la presente investigación, los factores de correlación tienen la intención de servir como factores de corrección cuando se realicen en obra probetas de 4"x8" con cemento Tipo V, para las relaciones a/c de 0.45, 0.50 y 0.55.

## ABSTRACT

For the elaboration of the present investigation, the design of three concrete mixtures was carried out, each one of them for the water-cement ratios of 0.45, 0.50 and 0.55; each of these mix designs was made with the purpose of making 4"x8" and 6"x12" cylindrical specimens, which suffered axial compression at 7 and 28 days.

The cement used for these mix designs is Cemento Andino Tipo V, the fine aggregates come from the "Trapiche" quarry and the coarse aggregates from the "Gloria" quarry.

The tests in the fresh state carried out in the Laboratorio de Ensayo de Materiales were: settling, fluidity, unit weight, setting time and exudation.

The number of test tubes made in total was 401, between 66 and 69 for each of the a/c ratios.

The average compressive strength found at 28 days was: A/C=0.45, 6"x12" and 4"x8", 388.57 and 421.66 kg/cm<sup>2</sup>; A/C=0.50, 6"x12" and 4"x8", 376.47 and 390.31 kg/cm<sup>2</sup>; A/C=0.55 6"x12" and 4"x8", 327.34 and 343.19 kg/cm<sup>2</sup> respectively.

The correlations between the 6"x12" and 4"x8" specimens for the elaborated samples were linear, the values obtained varied between 0.975 and 0.994.

In a previous study, Moro (2015), with the use of Type I Portland Cement, obtained correlation values between 0.87 and 0.91.

In the present investigation, the correlation factors are intended to serve as correction factors when 4"x8" specimens are made on site with Type V cement, for w/c ratios of 0.45, 0.50 and 0.55.

## PRÓLOGO

En los últimos años, el Perú ha venido atravesando por una época en la que el sector construcción ha presentado una actividad económica en crecimiento, se puede observar esto a través de los índices económicos de los últimos 20 años, donde se observa un crecimiento consecutivo previo a los años de pandemia (2019-2020), donde sufre una caída cuya tendencia vuelve a crecer en el tercer trimestre del 2020.

El aumento de producción de concreto a través del territorio nacional y al estar el Perú en una zona de alta sismicidad, deja en claro que es una necesidad realizar ensayos que aseguren que las resistencias de los concretos preparados para las construcciones, sean las solicitadas por los requerimientos estructurales de diseño.

Se observa que en las obras de concreto armado a nivel nacional, se realizan pruebas de compresión de muestras cilíndricas de 4"x8" y de 6"x12", siendo las muestras de 4"x8" más fáciles de manipular en su fabricación, curado y ensayo, optando así (como preferencia de las empresas) el trabajar con muestras cilíndricas de 4"x8".

Teniendo en claro que siendo el ensayo de resistencia a la compresión uno de los ensayos más importantes en el proceso constructivo, se observa la necesidad de hallar un valor que relacione la resistencia a la compresión de una misma mezcla en los dos tipos de moldes predominantes en el mercado: 4"x8" y 6"x12". Este valor llamado de correlación nos entrega un valor que podría ser usado como factor de corrección del ensayo de resistencia a la compresión en probetas de 4"x8", tomando como base la resistencia en probetas de 6"x12", de las cuales se tiene más información en las normas peruanas NTP.

Los resultados que se obtienen en el presente trabajo de investigación pretenden ser una base de orientación para los profesionales de la industria de la construcción en el uso de probetas de 4"x8" para la elaboración de concretos de mediana a alta resistencia (a/c 0.45, 0.50 y 0.55) a través del uso de Cemento Tipo V.

Ing. Carlos Barzola Gastelú.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1. Factores de correlación Aguirre (2018), Moro (2015).....	16
Cuadro N° 2. Límites químicos para el agua de mezcla .....	21
Cuadro N° 3. Factor de corrección para la desviación estándar .....	24
Cuadro N° 4. Clasificación del grado de correlación.....	27
Cuadro N° 5. Valores críticos del coeficiente de correlación .....	27
Cuadro N° 6. Propiedades físicas del agregado fino y del agregado grueso.....	28
Cuadro N° 7. Granulometría del agregado fino.....	29
Cuadro N° 8. Granulometría del agregado grueso .....	30
Cuadro N° 9. P.U.C. de la combinación de agregados.....	31
Cuadro N° 10. Granulometría del agregado global.....	32
Cuadro N° 11. Husos granulométricos NTP del agregado global .....	34
Cuadro N° 12. Husos granulométricos DIN del agregado global DIN .....	34
Cuadro N° 13. Diseño de mezcla con 230 litros/m <sup>3</sup> .....	35
Cuadro N° 14. Diseño de mezcla con 240 litros/m <sup>3</sup> .....	35
Cuadro N° 15. Diseño de mezcla con 240 litros/m <sup>3</sup> .....	35
Cuadro N° 16. Tabulación agua vs. Asentamiento para diseño .....	35
Cuadro N° 17. Diseño de mezcla con 47.1% de arena .....	37
Cuadro N° 18. Diseño de mezcla con 50.1% de arena .....	37
Cuadro N° 19. Diseño de mezcla con 53.1% de arena .....	37
Cuadro N° 20. Resultados de resistencia a la compresión.....	37
Cuadro N° 21. Diseño de mezcla a/c = 0.45 .....	38
Cuadro N° 22. Diseño de mezcla a/c = 0.50 .....	39
Cuadro N° 23. Diseño de mezcla a/c = 0.55 .....	39
Cuadro N° 24. Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.....	40
Cuadro N° 25. Ensayo de exudación para la relación a/c=0.45 .....	41
Cuadro N° 26. Resultados del ensayo de exudación para la relación a/c=0.45 .	41
Cuadro N° 27. Ensayo de exudación para la relación a/c=0.50 .....	42
Cuadro N° 28. Resultados del ensayo de exudación para la relación a/c=0.50 .	42
Cuadro N° 29. Ensayo de exudación para la relación a/c=0.55 .....	42
Cuadro N° 30. Resultados del ensayo de exudación para la relación a/c=0.50 .	43
Cuadro N° 31. Resumen de resultados de ensayo de exudación .....	43
Cuadro N° 32. Resultados del ensayo de fluidez.....	44
Cuadro N° 33. Ensayo de peso unitario del concreto fresco a/c=0.45 .....	44
Cuadro N° 34. Ensayo de peso unitario del concreto fresco a/c=0.50 .....	44

Cuadro N° 35. Ensayo de peso unitario del concreto fresco $a/c=0.55$ .....	44
Cuadro N° 36. Ensayo de tiempo de fraguado $a/c=0.45$ .....	45
Cuadro N° 37. Ensayo de tiempo de fraguado $a/c=0.50$ .....	46
Cuadro N° 38. Ensayo de tiempo de fraguado $a/c=0.55$ .....	47
Cuadro N° 39. Cantidad de muestras cilíndricas seleccionadas .....	49
Cuadro N° 40. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 7 días, $a/c=0.45$ .....	50
Cuadro N° 41. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 28 días, $a/c=0.45$ .....	51
Cuadro N° 42. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 7 días, $a/c=0.45$ .....	52
Cuadro N° 43. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 28 días, $a/c=0.45$ .....	52
Cuadro N° 44. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 7 días, $a/c=0.50$ .....	53
Cuadro N° 45. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 28 días, $a/c=0.50$ .....	54
Cuadro N° 46. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 7 días, $a/c=0.50$ .....	54
Cuadro N° 47. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 28 días, $a/c=0.50$ .....	55
Cuadro N° 48. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 7 días, $a/c=0.55$ .....	56
Cuadro N° 49. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 28 días, $a/c=0.55$ .....	56
Cuadro N° 50. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 7 días, $a/c=0.55$ .....	57
Cuadro N° 51. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 28 días, $a/c=0.55$ .....	58
Cuadro N° 52. Comparación de resistencias $a/c=0.45$ , 7 días .....	59
Cuadro N° 53. Comparación de resistencias $a/c=0.50$ , 7 días .....	60
Cuadro N° 54. Comparación de resistencias $a/c=0.55$ , 7 días .....	61
Cuadro N° 55. Comparación de resistencias $a/c=0.45$ , 28 días .....	63
Cuadro N° 56. Comparación de resistencias $a/c=0.50$ , 28 días .....	64
Cuadro N° 57. Comparación de resistencias $a/c=0.55$ , 28 días .....	65

Cuadro N° 58. Resistencias a la compresión $a/c=0.45$ , 28 días, $F'c$ (6"x12, 4"x8")	67
Cuadro N° 59. Resistencias a la compresión $a/c=0.50$ , 28 días, $F'c$ (6"x12, 4"x8")	69
Cuadro N° 60. Resistencias a la compresión $a/c=0.55$ , 28 días, $F'c$ (6"x12, 4"x8")	70
Cuadro N° 61. Determinación del coeficiente de correlación de Pearson $a/c=0.45$	71
Cuadro N° 62. Determinación del coeficiente de correlación de Pearson $a/c=0.50$	72
Cuadro N° 63. Determinación del coeficiente de correlación de Pearson $a/c=0.55$	74
Cuadro N° 64. Media, desviación estándar y coeficiente de variación.....	75
Cuadro N° 65. Estándares de control del concreto $F'c < 350 \text{ kg/cm}^2$ .....	75
Cuadro N° 66. Estándares de control del concreto $F'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$ .....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Diagrama de dispersión .....	25
Figura N° 2. Diagrama de dispersión lineal .....	26
Figura N° 3. Curva granulométrica del agregado fino .....	29
Figura N° 4. Curva granulométrica del agregado fino .....	30
Figura N° 5. Determinación de la compactación máxima del agregado global ...	31
Figura N° 6. Curva granulométrica del agregado fino .....	32
Figura N° 7. Grafica agua vs. Asentamiento .....	36
Figura N° 8. Resistencia a la compresión vs. %arena .....	38
Figura N° 9. Grafica de tiempo vs. Resistencia a la penetración $a/c=0.45$ .....	46
Figura N° 10. Grafica de tiempo vs. Resistencia a la penetración $a/c=0.50$ .....	47
Figura N° 11. Grafica de tiempo vs. Resistencia a la penetración $a/c=0.55$ .....	48
Figura N° 12. Comparación de resistencias $a/c=0.45$ , 7 días, (6"x12", 4"x8") ....	59
Figura N° 13. Comparación de resistencias $a/c=0.50$ , 7 días, (6"x12", 4"x8") ....	60
Figura N° 14. Comparación de resistencias $a/c=0.55$ , 7 días, (6"x12", 4"x8") ....	62
Figura N° 15. Comparación de resistencias $a/c=0.45$ , 28 días, (6"x12", 4"x8") ..	63
Figura N° 16. Comparación de resistencias $a/c=0.50$ , 28 días, (6"x12", 4"x8") ..	64
Figura N° 17. Comparación de resistencias $a/c=0.55$ , 28 días, (6"x12", 4"x8") ..	66
Figura N° 18. Diagrama de dispersión F'c(4"x8",6"x12"), $a/c=0.45$ , 28 días .....	68
Figura N° 19. Diagrama de dispersión F'c(4"x8",6"x12"), $a/c=0.50$ , 28 días .....	69
Figura N° 20. Diagrama de dispersión F'c(4"x8",6"x12"), $a/c=0.55$ , 28 días .....	70
Figura N° 21. Interpretación grafica de existencia de correlación .....	76

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>a/c</b>	: Relación agua cemento
<b>ACI</b>	: American Concrete Institute
<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>%C.H.</b>	: Contenido de humedad
<b>C.P.T.</b>	: Cemento Portland tipo
<b>D o Ø</b>	: Diámetro
<b>DIN</b>	: Instituto alemán de normalización
<b>F'c o f'c</b>	: Resistencia a la compresión axial
<b>K</b>	: Factor de corrección de resistencia a la compresión por altura y diámetro
<b>LEM</b>	: Laboratorio de Ensayo de Materiales
<b>Max</b>	: Expresión de máximo
<b>MF o Mf</b>	: Modulo de finura
<b>Min</b>	: Expresión de mínimo
<b>N o n</b>	: Numero de datos
<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana
<b>P</b>	: Carga de rotura
<b>PCA</b>	: Portland Cement Association
<b>PROM</b>	: Promedio o media
<b>Psss</b>	: Peso seco superficialmente saturado
<b>P.U</b>	: Peso unitario
<b>P.U.C</b>	: Peso unitario compactado
<b>P.U.S</b>	: Peso unitario suelto
<b>T.M.N</b>	: Tamaño máximo nominal
<b>T.F.I</b>	: Tiempo de fragua inicial
<b>T.F.F</b>	: Tiempo de fragua final
<b>UNACEM</b>	: Unión Andina de Cementos
<b>UNAM</b>	: Universidad Nacional Autónoma de México
<b>V</b>	: Coeficiente de variación
<b>°C</b>	: Grados centígrados
<b>Δ</b>	: Variación



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES

La norma NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, muestras cilíndricas, plantea coeficientes de variación para los resultados de la medida de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de 4"x8" y de 6"x12".

En la presente investigación se analiza la correlación existente entre las resistencias a la compresión, para una misma mezcla, de probetas cilíndricas de 4"x8" y de 6"x12". Partiendo del supuesto de que la resistencia a la compresión de una misma mezcla, en diferentes tamaños de probeta, nos resultara con una diferencia de valores, se procede a elaborar tres diseños de mezcla a través del método del agregado global para tres relaciones agua cemento: 0.45, 0.50 y 0.55.

En la etapa de laboratorio se procede a trabajar con la combinación de los siguientes agregados para la elaboración de los diseños de mezcla:

Relación a/c: 0.45, 0.50 y 0.55

Cemento: Cemento Portland Tipo V – Andino Tipo V (embolsado)

Agregado fino: Cantera Trapiche

Agregado grueso: Cantera Gloria

Asentamiento: 6"-7"

Moro (2015) plantea que existe un factor de relación entre los resultados de compresión axial y compresión diametral de probetas de 4"x8" y probetas de 6"x12" para la misma mezcla elaborada con Cemento Portland - Sol Tipo I. (pág. 9)

Tenemos clara entonces la importancia de la determinación de los factores de correlación, ya que en las construcciones a nivel nacional, debido a su fácil manipulación, menor costo y menor espacio ocupado, se utilizan cada vez más probetas cilíndricas de 4"x8". En esta presente investigación se propone, para usos de los profesionales de la construcción la determinación de dichos valores, para las relaciones agua cemento planteadas a través del uso de cemento Portland Tipo V.

## 1.2. PROBLEMÁTICA

Se evidencia que en los últimos 20 años, el Perú ha venido sosteniendo un crecimiento, a través del tiempo, en el sector construcción. Los requerimientos de concreto son año tras año cada vez mayores, y se tiene claro que uno de los ensayos más importantes de control de calidad para toda obra de concreto armado es la resistencia a la compresión.

La NTP 339.034 (2021) plantea coeficientes de variación distintos para los resultados de resistencia a la compresión de probetas de 4"x8" y probetas de 6"x12" para una misma mezcla de concreto, lo cual infiere en que existe una diferencia entre dichos valores de resistencia. La información contenida en la norma nos indica que en condiciones de laboratorio, para probetas de 6"x12", los coeficientes de variación se deben encontrar en un valor menor a 7.8% y para probetas de 4"x8" menores a 10.6%.

Se puede observar en las obras de construcción es cada vez más frecuente la preferencia de utilizar probetas cilíndricas de 4"x8" antes que las probetas de 6"x12", debido claro a su más fácil manipulación, a su menor tamaño (lo cual permite menor espacio para el curado) y mayor facilidad durante su ensayo a compresión (máquinas de compresión más pequeñas).

Es por esta razón que nace la problemática de determinar un factor que relacione las resistencias a la compresión de dichos tamaños de probeta, para poder de esta manera, generar correcciones a las resistencias a la compresión de probetas de 4"x8". Se tiene así la problemática generalizada en determinar factores de correlación entre resistencias a la compresión de probetas cilíndricas de 4"x8" con probetas cilíndricas de 6"x12, para las mezclas con Cemento Portland Tipo V y relaciones de agua cemento  $a/c = 0.45, 0.50$  y  $0.55$ .

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo principal

El objetivo principal de la presente investigación viene a ser la obtención de un factor de correlación entre las resistencias a la compresión de muestras cilíndricas de 4"x8" y muestras cilíndricas de 6"x12", a través de la obtención de valores

óptimos de resistencia en cada una de las tres relaciones de agua cemento ( $a/c$  0.45, 0.50 y 0.55), por medio de ensayos de resistencia a la compresión y mediante el uso de CEMENTO PORTLAND TIPO V.

### 1.3.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos se tiene los siguientes:

- Con las relaciones agua cemento  $a/c = 0.45, 0.50$  y  $0.55$ , realizar los diseños de mezcla apropiados para una mezcla de concreto, en la presente investigación se propone un asentamiento de 6"-7", el cual viene siendo requerido en la elaboración de concretos a ser usados en sistemas estructurales de ductilidad limitada, sistemas que son ampliamente usados en el mercado de construcción de edificaciones multifamiliares en el territorio nacional.
- Elaborar muestras cilíndricas de 4"x8" para ensayar a compresión, para los tres diseños de mezcla con relaciones agua cemento  $a/c = 0.45, 0.50$  y  $0.55$ , usando Cemento Portland Tipo V.
- Elaborar muestras cilíndricas de 6"x12" para ensayar a compresión, para los tres diseños de mezcla con relaciones agua cemento  $a/c = 0.45, 0.50$  y  $0.55$ , usando Cemento Portland Tipo V.
- Realizar los ensayos de resistencia a compresión de las muestras elaboradas, ensayos que se llevaran a cabo a los 7 días y a los 28 días.
- Analizar los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión de las muestras cilíndricas de 4"x8" y 6"x12".
- Estudiar, realizar y analizar los ensayos en estado fresco del concreto fresco para cada una de las relaciones agua cemento  $a/c = 0.45, 0.50$  y  $0.55$ .

### 1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Al comparar los resultados de la resistencia a compresión para cada uno de los diseños de mezcla ( $a/c$  0.45, 0.50 y 0.55) entre muestras cilíndricas de 4"x8" y muestras cilíndricas de 6"x12", se obtendrán valores medios distintos y se determinara un factor de correlación entre estos para los concretos elaborados con Cemento Portland Tipo V.

## CAPÍTULO II. MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1. ANTECEDENTES

Existen precedentes de investigación que determinan la resistencia a la compresión de un concreto, que es comparada variando el tamaño de muestras cilíndricas y la forma de obtención de los especímenes (probetas de concreto y muestras diamantinas preparadas en laboratorio); para distintas relaciones de agua cemento.

AGUIRRE (2018) Y MORO (2015) en sus investigaciones encontraron los factores de correlación que se muestran en el Cuadro N°1.

Cuadro N° 1. Factores de correlación Aguirre (2018), Moro (2015)

AGUIRRE (2018)			MORO (2015)	
A/C	4"x8":D-4"	6"x12":D-4"	A/C	4"x8":6"x12"
0.4	0.998	0.991	0.55	0.994
0.5	0.997	0.999	0.65	0.997
0.6	0.994	0.998	0.75	0.995

Fuente: Aguirre (2018), Moro (2015)

AGUIRRE (2018), determinó factores de correlación entre probetas cilíndricas de 4"x8" y 6"x12 versus muestras cilíndricas diamantinas de 4"x8". MORO (2015), determinó factores de correlación entre probetas cilíndricas de 4"x8" versus probetas cilíndricas de 6"x12". Ambos con el uso de Cemento Portland Tipo I. En ambas se obtuvieron correlaciones del valor denominado excelente.

La presente investigación se llevó a cabo con el uso de Cemento Portland Tipo V, para las relaciones  $a/c=0.45$ ,  $0.50$  y  $0.55$ ; y se propuso obtener factores de correlación que sirvan para obtener una corrección de los valores de resistencia a la compresión obtenidas en probetas cilíndricas de 4"x8", tomando como referencia los valores obtenidos en probetas de 6"x12.

### 2.2. CONCRETO

"El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. Otros

materiales cementosos (cementantes) y adiciones minerales se pueden incluir en la pasta” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 1).

## 2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO

### 2.3.1. Consistencia

#### 2.3.1.1. Definición

“Propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación” (Rivva L, 1992, p.34).

### 2.3.2. Resistencia

#### 2.3.2.1. Definición

La resistencia del concreto se define como el esfuerzo máximo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. El concreto está destinado principalmente a resistir esfuerzos de compresión, por lo cual, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos, la que se usa como índice de su calidad (Rivva L, 1992, p.36).

#### 2.3.2.2. Consideraciones

En líneas generales se considera a la resistencia como una de las propiedades más importantes del concreto en estado endurecido. Es por eso que esta propiedad nos permitiría aprobar o rechazar un concreto.

Entre los factores que influyen en la resistencia de un concreto endurecido tenemos: relación agua cemento; relación cemento agregado; granulometría, textura superficial y dureza de los agregados; tamaño máximo del agregado.

“La resistencia a compresión es una propiedad principalmente física y frecuentemente usada en los cálculos para diseño de puentes, edificios y otras estructuras” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 9).

## 2.4. VARIACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO CON EL USO DE DIFERENTES DIMENSIONES DE MUESTRAS

GUZMÁN y GALLARDO (1997) determinan que el uso de diferentes tamaños de muestra para la obtención de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de una misma mezcla, deriva en resultados distintos de resistencia.

Se obtienen coeficientes de correlación de mayor confiabilidad mientras el tamaño máximo del agregado sea menor y mientras el diámetro de la probeta sea mayor. Se puede indicar entonces que mientras el tamaño de la probeta es menor las resistencias a la compresión son mayores.

### 2.4.1. Factores que influyen en la variación de resistencia a la compresión

En la presente investigación se obtuvieron valores de resistencia a la compresión que variaron al cambiar las dimensiones de las probetas cilíndricas estudiadas. La variación de los valores de resistencia en probetas, para una misma mezcla, se ha estudiado con anterioridad, determinando que dichas variaciones ocurren ya sea por la homogeneidad de los agregados, naturaleza de estos o factores físicos en la elaboración de muestras cilíndricas.

#### 2.4.1.1. *Tamaño del agregado*

Guzmán y Gallardo (1997) determinan que existe una variación de resistencia a la compresión para un mismo diseño de mezcla cuando se cambia el tamaño máximo nominal del agregado de 1" a  $\frac{3}{4}$ ".

#### 2.4.1.2. *Naturaleza del agregado*

Moro (2015) El Instituto Americano del Concreto realiza una investigación en la que se observa que el uso de gravas origen natural, gravas de origen derivado de piedras calizas y gravas artificiales producto de molienda resultan en que las probetas de 6"x12" obtienen una resistencia a la compresión menor a las que resultan en probetas de 4"x8". Se concluye que la resistencia a la compresión de una probeta de concreto depende del tipo de agregado que se use en la elaboración de la mezcla a ensayar.

#### 2.4.1.3. *Factores físicos en la elaboración*

En la elaboración de una probeta de concreto se lleva a cabo el llenado de esta a través de capas, las que son compactadas con una varilla de acero; procedimiento que es realizado por una persona que ejerce presión y fuerza distinta en cada uno

de los golpes que aplica a la muestra. Se tienen entonces que el valor de la resistencia a la compresión de una probeta cilíndrica será variable debido a dicho factor humano.

## 2.5. COMPONENTES DEL CONCRETO

### 2.5.1. Agregados

Los agregados conforman aproximadamente el 70% del volumen de concreto dentro de la mezcla, por lo tanto su selección y uso correcto son fundamentales en los parámetros de diseño de este. Las dimensiones de estos se muestran en la NTP 400.011 a través de husos, siendo esta propiedad, fundamental para el diseño de mezcla.

Los agregados influyen tanto en la resistencia como en la trabajabilidad, durabilidad, estado de consistencia y peso unitario. Estos tienen un costo más bajo que el cemento, por lo cual dosificarlos adecuadamente repercute en el costo del concreto a elaborar.

Los agregados empleados en la preparación del concreto se clasifican en agregado grueso, agregado fino y hormigón.

#### 2.5.1.1. Agregado grueso

Se define por agregado grueso a aquel agregado que queda retenido por el tamiz N° 4; el agregado grueso proviene de la desintegración de las rocas, desintegración que puede ser natural o artificial. Se puede clasificar como grava, proveniente de la desintegración natural de las rocas o como piedra chancada obtenida por trituración artificial de rocas.

#### 2.5.1.2. Agregado fino

Se define por agregado fino aquel agregado que pasa el tamiz de 3/8" y que a la vez es retenido por la malla N° 200. El agregado fino más usual es la arena, que es el producto resultante de la desintegración natural de las rocas debido a la meteorización de estas.

#### 2.5.1.3. Hormigón

Se define por hormigón al material conformado por una mezcla de grava y arena, se puede encontrar en forma natural sobre la corteza terrestre en proporciones variables.

#### 2.5.1.4. Agregado global

Se define como agregado global al material compuesto de agregado grueso y agregado fino, cuya combinación produce un concreto de máxima compacidad. Los parámetros de tamaño para la combinación de agregados grueso y fino para la obtención del agregado global se encuentran en la NTP 400.037.

#### 2.5.2. Cemento Portland

El cemento portland es un cemento hidráulico que, al ser mezclado con agregados y agua, a través de reacciones químicas obtiene la propiedad de conformar una masa pétreo denominada concreto.

Este es el más usado como conglomerante para la preparación del concreto, este, al ser hidráulico, tiene la propiedad de endurecer al combinarse con agua, resultando finalmente en un concreto de propiedades de resistencia buenas.

##### 2.5.2.1. Cemento usado en la tesis - Cemento Portland Andino Tipo V

El cemento Portland tipo V es utilizado cuando los requerimientos del concreto nos indican una alta resistencia de este al ataque de sulfatos. De acuerdo al RNE, el cemento tipo V se utiliza en condiciones de exposición severa, en el orden de 1500 a 10000 ppm de los sulfatos solubles en agua. Así también proporciona bajo calor de hidratación, es recomendable usarlo en revestimientos de canales, obras portuarias, alcantarillado, estructuras en contacto con suelos y/o aguas que contengan sulfatos en concentraciones tales que pudieran causar grave deterioro en el concreto si se empleara otro tipo de cemento.

El cemento portland Andino Tipo V, se puede encontrar en el mercado en presentaciones de 42.5 kg, embolsado en tres capas de papel, presentando una densidad de 3.15 g/cm<sup>3</sup>.

#### 2.5.3. Agua

Es el elemento líquido que inicia la reacción química que endurece el concreto, es muy importante la determinación de la cantidad contenida en la mezcla de concreto, pues esta influye en su trabajabilidad, consistencia y resistencia final. El agua puede contener sustancias perjudiciales para el concreto, por lo cual en la NTP 339.088 se nos indica los límites permisibles de las sustancias contenidas en esta para ser aptas para su uso en mezclas de concreto.



Cuadro N° 2. Límites químicos para el agua de mezcla

CONCENTRACIÓN MÁXIMA EN EL AGUA	LÍMITE	MÉTODO DE ENSAYO
A. Cloruro como Cl, ppm		
1 En Concreto pretensado, tableros de puentes o designados de otra manera.	500	NTP 334.086
2 Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes.	1000	NTP 334.086
B. Sulfatos como SO <sub>4</sub> , ppm	3000	NTP 334.086
C. Álcalis como (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), ppm	600	NTP 334.086
D. Sólidos totales por masa, ppm	50000	ASTM C1603

Fuente: NTP 339.088

## 2.6. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Entre las principales propiedades de los agregados se mencionan las necesarias para el correcto diseño de mezclas a través del método del agregado global: granulometría, tamaño máximo, tamaño máximo nominal, módulo de fineza, peso unitario, contenido de humedad, porcentaje de absorción y peso específico.

### 2.6.1. Granulometría

La granulometría de un agregado viene a ser la medición en peso de los agregados que pasan por las mallas o tamices especificados en las normas NTP 400.037 o ASTM C33. Se tiene así los tamices 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

### 2.6.2. Tamaño máximo

Es el tamiz de menor tamaño por el que pasa toda la muestra de agregado grueso, podemos encontrar los tamices en la NTP 400.037.

### 2.6.3. Tamaño máximo nominal

Es el tamiz de menor tamaño que produce el primer retenido, este retenido con un margen de entre 5% a 10%.

### 2.6.4. Módulo de fineza

El módulo de fineza es un número que nos da la idea del grosor o finura del agregado. Este módulo, también llamado modulo granulométrico se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados por los tamices 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

$$MF = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(6''+3''+1\ 1/2''+3/4''+3/8''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

### 2.6.5. Peso unitario

Se define el peso unitario como el peso por unidad de volumen, se conoce también como densidad de masa. Se tienen para el diseño de mezclas dos tipos de peso: peso unitario suelto y peso unitario compactado.

#### 2.6.5.1. *Peso unitario suelto (PUS)*

Se obtiene, después de seleccionar una muestra por cuarteo, al colocar suavemente el material secado al horno dentro del recipiente, material que luego es llevado a ras con una varilla lisa de 5/8". El método de ensayo para la determinación de este se encuentra en la NTP 400.017.

$$PUS = \frac{\text{peso suelto del agregado}}{\text{volumen ocupado por el agregado}}$$

#### 2.6.5.2. *Peso unitario compactado (PUC)*

Se obtiene, después de seleccionar una muestra por cuarteo, al compactar en capas el material secado al horno dentro del recipiente, material que luego es llevado a ras con una varilla lisa de 5/8". El método de ensayo para la determinación de este se encuentra en la NTP 400.017.

$$PUC = \frac{\text{peso compactado del agregado}}{\text{volumen ocupado por el agregado}}$$

### 2.6.6. Contenido de humedad

Consiste en la determinación de la cantidad de humedad evaporable que contiene un agregado en un determinado tiempo. Se obtiene pesando una muestra de agregado en estado natural, muestra que luego es secada al horno por 24 horas y posteriormente es pesada; de esta manera y por diferencia, podemos calcular la cantidad de agua evaporada y expresarla en relación al peso seco. El método de ensayo para la determinación del contenido de humedad se encuentra en la NTP 339.185.

$$\%C.H. = \frac{\text{peso de muestra en estado natural} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

### 2.6.7. Porcentaje de absorción

Consiste en la cantidad de agua, expresada en porcentaje, que un agregado puede absorber para poder pasar del estado seco al estado superficialmente seco. El método de ensayo para la determinación del porcentaje de absorción para el agregado fino se encuentra en la NTP 400.022 y el método de ensayo para la determinación del porcentaje de absorción para el agregado grueso se encuentra en la NTP 400.021.

$$\%Abs = \frac{P_{sss} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

P<sub>sss</sub>: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

Peso seco: Peso de la muestra secada al horno por 24 horas.

%Abs: Porcentaje de absorción.

### 2.6.8. Peso específico

Es la relación entre el peso de la muestra con el volumen que lo contiene, sin incluir el volumen de los espacios vacíos entre las partículas. El método de ensayo para la determinación del peso específico del agregado fino se encuentra en la NTP 400.022 y el método de ensayo para la determinación del peso específico del agregado grueso se encuentra en la NTP 400.021.

$$P.E. = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso en agua del agregado saturado con superficie seca}}$$

## 2.7. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

### 2.7.1. Media aritmética

También llamada promedio, es el valor que resulta de dividir la suma de todos los valores que pertenecen a la muestra entre el número total de valores que pertenecen a esta.

$$PROM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

### 2.7.2. Desviación estándar de las resistencias a la compresión

La desviación estándar es una medida que es utilizada para cuantificar la variación o también llamada dispersión de una muestra de datos, en este caso: los datos de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de 4"x8" y 6"x12". La desviación estándar se suele representar por la letra "S".

Se puede decir que una desviación estándar baja nos indica que la mayor parte de los datos de la muestra tienen la tendencia a estar agrupados cerca de su media, mientras que una desviación estándar alta no indica que los datos de la muestra tienden a extenderse sobre un rango de valores muestreados más alto. El cálculo de la desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza de la distribución y la varianza es la medida de los cuadrados de las diferencias entre cada valor de la muestra y la media aritmética de esta.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - PROM)^2}{n - 1}}$$

Tenemos así los factores de corrección para la desviación estándar en una muestra de resultados:

Cuadro N° 3. Factor de corrección para la desviación estándar

NÚMERO DE ENSAYOS	FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 a más	1.00

Fuente: Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, Tanesi, 2004, p. 194

### 2.7.3. Coeficiente de variación de la resistencia

El coeficiente de variación se obtiene del resultado de dividir el valor de la desviación estándar sobre la media aritmética o promedio, expresado en porcentaje, dicho valor nos indica la mayor o menor variabilidad existente entre los valores de confiabilidad de la variación. El coeficiente de variación suele ser representado por la letra "V".

$$V = \frac{S}{PROM} \times 100$$

V: Coeficiente de variación, expresado en porcentaje (%).

S: Desviación estándar.

PROM: Media aritmética o promedio de los ensayos.

### 2.7.4. Correlación

Se dice que existe correlación entre dos variables cuando podemos observar que estas cambian de modo tal que los valores tomados por una de ellas son predecibles, con cierta holgura, a partir de los valores tomados por la otra variable. Se dice así que existe una correlación entre dos o más variables cuando existe una relación entre una variable y otra. Con frecuencia para encontrar una relación

entre dos variables se puede construir un diagrama de dispersión, y hallarla a través de este.

#### 2.7.4.1. Diagrama de dispersión

Un diagrama de dispersión viene a ser la representación gráfica de datos apareados (X, Y), donde a través de ejes generados: eje x horizontal y eje y vertical, apareados de tal forma que a cada valor de un conjunto de datos, le corresponde un valor de un segundo conjunto de datos.

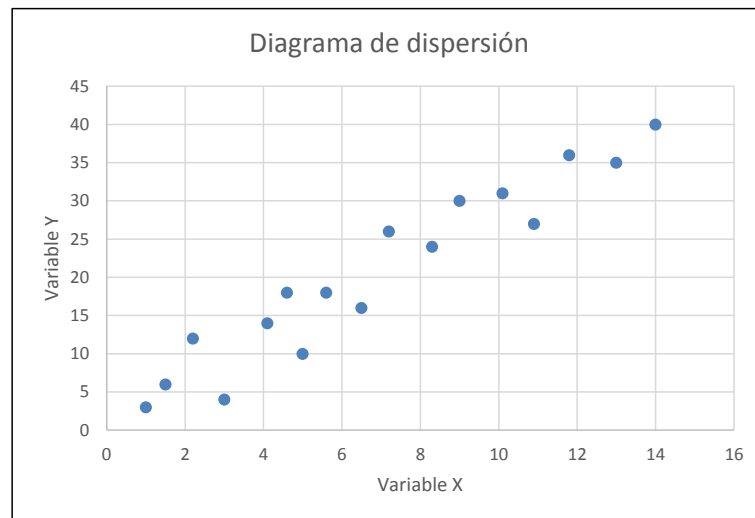


Figura N° 1. Diagrama de dispersión

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.7.4.2. Diagrama de dispersión lineal

Se dice que un diagrama de dispersión es lineal cuando la nube de puntos de este se ajusta a una línea de tendencia; línea que contiene la información de pendiente, intersección con el eje x, e intersección con el eje y. Esta línea puede ser de pendiente positiva, indicándonos que los valores de y aumentan cuando aumentan los valores de x; mientras que si la pendiente es negativa, nos indica que los valores de y decrecen cuando aumentan los valores de x.

El ajuste lineal se puede identificar con la ecuación de una recta:

$$y = ax + b$$

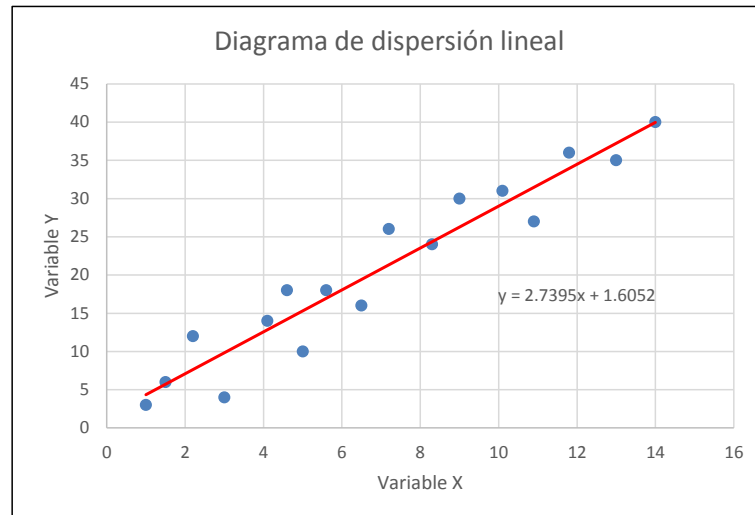


Figura N° 2. Diagrama de dispersión lineal

Fuente: Elaboración Propia

### 2.7.5. Coeficiente de correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal “r”, mide la intensidad de relación lineal entre los valores apareados de la muestra. Este es también conocido como “Coeficiente de correlación producto de momento de Pearson”.

#### 2.7.5.1. Requisitos para existencia de correlación lineal

Se podrá calcular un coeficiente de correlación lineal “r” siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- La muestra de datos (x, y) es una muestra aleatoria de datos medibles.
- Al realizar un examen visual del diagrama de dispersión se debe observar que los puntos se acercan a un patrón cercano a una línea recta.
- De ser necesario debe de eliminarse cualquier valor extremo del cual se cree que es un dato errado.

Los dos últimos requisitos se simplifican siempre y cuando para los pares de datos (x, y) se observa: para cualquier valor fijo de x, los valores correspondientes a y tengan una distribución en forma de campana (distribución normal bivariada); y que para cualquier valor fijo de y, los valores correspondientes a x tengan también una distribución en forma de campana (Triola, F. 2009, p. 520).

El cálculo del coeficiente de correlación normal se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \times \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

N: número de pares de datos.

$\Sigma$ : denota sumatoria.

$\Sigma x$ : denota la suma de todos los valores de x.

$\Sigma x^2$ : indica la suma de los cuadrados de todos los valores de x.

$(\Sigma x)^2$ : indica el cuadrado de la suma de todos los valores de x.

$\Sigma xy$ : indica que a cada valor de x se le debe de multiplicar por su respectivo valor de y correspondiente; para finalmente calcular la suma de estos.

R: coeficiente de correlación.

Cuadro N° 4. Clasificación del grado de correlación

CORRELACIÓN	VALOR O RANGO
Perfecta	$ r  = 1$
Excelente	$0.9 \leq  r  < 1$
Buena	$0.8 \leq  r  < 0.9$
Regular	$0.5 \leq  r  < 0.8$
Mala	$ r  \leq 0.5$

Fuente: elaboración propia

#### 2.7.6. Prueba formal de existencia de correlación

Para la prueba de la existencia de correlación se utiliza la distribución t-student, a través de un estadístico de forma.

El estadístico de forma viene dado por la siguiente relación:

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

Valores críticos: uso del Cuadro N°8 con n-2 grados de libertad.

Valor P: uso del Cuadro N°8 con n-2 grados de libertad.

Por lo tanto se tiene que si  $|t| >$  valor crítico, del Cuadro N°8, se concluye que existe una correlación lineal.

Cuadro N° 5. Valores críticos del coeficiente de correlación

n	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
20	0.444	0.561
25	0.396	0.505
30	0.361	0.463
35	0.335	0.430
40	0.312	0.402
45	0.294	0.378

Fuente: Triola, F. 2009, p. 780

## CAPÍTULO III. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

### 3.1. GENERALIDADES

En la presente investigación se ha trabajado, para el diseño de mezclas del concreto, con el método del agregado global. Se tiene así como componentes de la mezclas al cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.

Como agregados finos se usan agregados provenientes de la cantera “Trapiche” y como agregados gruesos los provenientes de la cantera “Gloria”.

### 3.2. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

#### 3.2.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas se determinan en el LEM a través de ensayos normalizados en las siguientes normas: NTP 400.017 Determinación del peso unitario suelto y peso unitario compactado, NTP 400.021 Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso, NTP 400.021 Determinación del peso específico y absorción del agregado fino, NTP 400.037 Granulometría, NTP 339.185 Determinación del contenido de humedad.

Cuadro N° 6. Propiedades físicas del agregado fino y del agregado grueso

PROPIEDAD	UND	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso unitario suelto (PUS)	kg/m <sup>3</sup>	1394.3	1375.5
Peso unitario compactado (PUC)	kg/m <sup>3</sup>	1556.8	1529.8
Contenido de humedad (w%)	%	2.65	0.35
Porcentaje de absorción (%Abs)	%	1.61	0.97
Peso específico (P.E.)	gr/cm <sup>3</sup>	2.45	2.7
Peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	3.15	
Módulo de fineza (MF)	---	3.97	7.54
Tamaño máximo	pulg	---	1 1/2
Tamaño máximo nominal	pulg	---	1

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.2. Granulometría del agregado fino

Tanto para el diseño de mezcla como para la elaboración de las muestras cilíndricas de 4”x8 y 6”x12” se utilizan agregados finos provenientes de la cantera Trapiche. A continuación se observan los resultados de la granulometría:



Cuadro N° 7. Granulometría del agregado fino

TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RET. (g)	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA	NTP 400.037	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1/2"	12.5				100.00	100	100
3/8"	9.5				100.00	100	100
N° 4	4.75	78.4	13.07	13.07	86.93	95	100
N° 8	2.36	176.6	29.43	42.50	57.50	80	100
N° 16	1.18	143.8	23.97	66.47	33.53	50	85
N° 30	0.6	99.1	16.52	82.98	17.02	25	60
N° 50	0.3	63.2	10.53	93.52	6.48	5	30
N° 100	0.15	27.3	4.55	98.07	1.93	0	10
FONDO		11.6	1.93	100.00	0.00	0	3
TOTAL		600.0					

Fuente: Elaboración propia

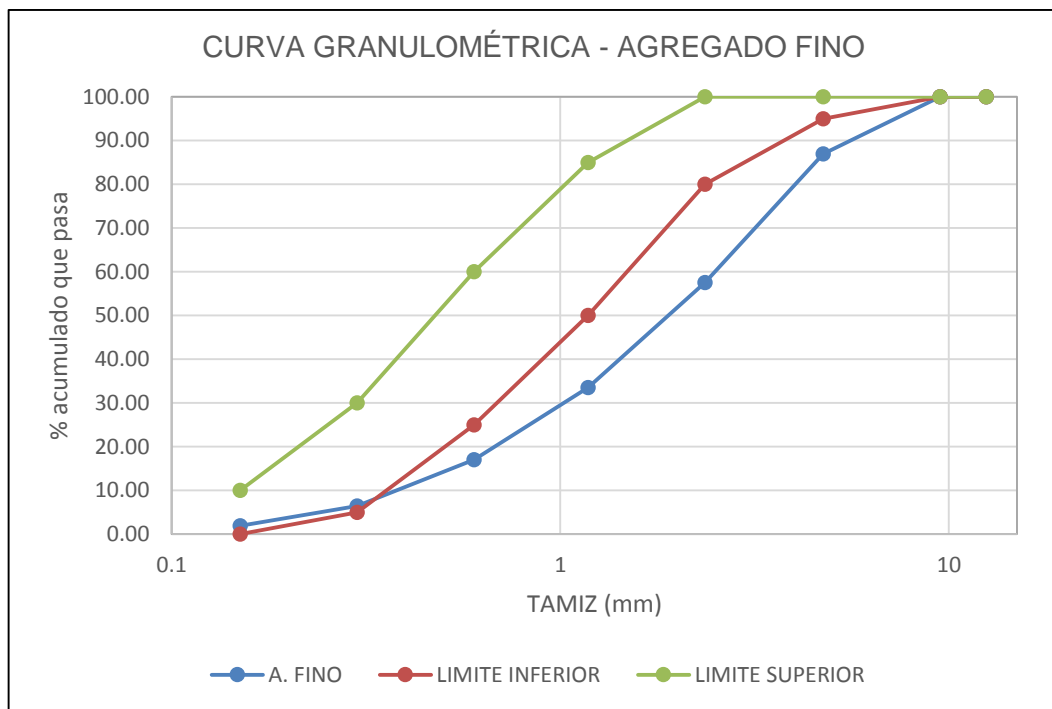


Figura N° 3. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Granulometría del agregado grueso

Tanto para el diseño de mezcla como para la elaboración de las muestras cilíndricas de 4"x8 y 6"x12" se utilizan agregados gruesos provenientes de la cantera Gloria. A continuación se observan los resultados de la granulometría:

Cuadro N° 8. Granulometría del agregado grueso

TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA	HUSO 56 ASTM	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1 1/2"	40				100.00	100	100
1"	25	253.8	2.31	2.31	97.69	90	100
3/4"	20	5701.8	51.83	54.14	45.86	40	85
1/2"	12.5	4268.2	38.80	92.93	7.07	10	40
3/8"	9.5	741	6.74	99.67	0.33	0	15
N° 4	4.75	7.4	0.07	99.74	0.26	0	5
FONDO		28.9	0.26	100.00	0.00		
TOTAL		11001.1					

Fuente: Elaboración propia

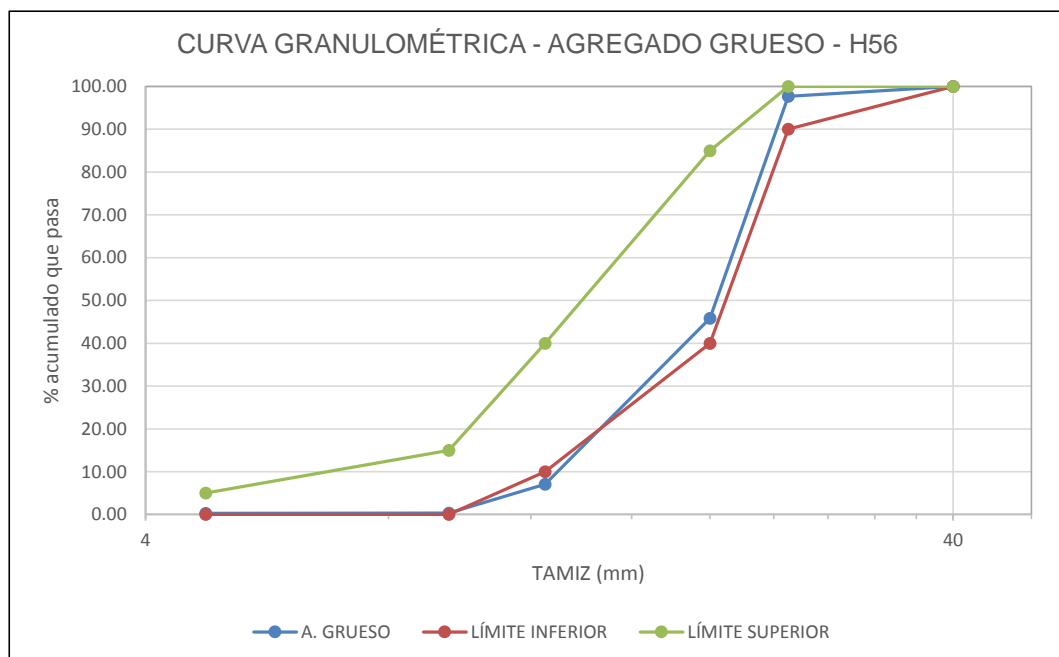


Figura N° 4. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. DETERMINACIÓN DE MÁXIMA COMPACTACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL

Para el análisis de la compactación máxima se estima que agregados de similares dimensiones producen mayor dimensión de vacíos, y que al presentar diferencia entre las dimensiones de estos se produce un mayor acomodo, debido a esto se presenta en la combinación una mayor compactación.

Para la elaboración de la presente investigación se toma en cuenta las combinaciones con una variación de 3%, tomando los porcentajes en valores de 44%, 47%, 50%, 53% y 56%. Se muestran a continuación los valores tomados de

agregado fino y grueso, así como los resultados del ensayo de compactación que nos otorga el PUC del agregado global:

Cuadro N° 9. P.U.C. de la combinación de agregados

ARENA (%)	PIEDRA (%)	PESO ARENA (kg)	PESO PIEDRA (kg)	PESO BALDE (kg)	PESO AGREGADO GLOBAL (kg)	P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )
44	56	22.0	28.0	4.34	17.25	1827.3
47	53	23.5	26.5	4.34	17.29	1831.6
50	50	25.0	25.0	4.34	17.5	1853.8
53	47	26.5	23.5	4.34	17.37	1840.0
56	44	28.0	22.0	4.34	17.3	1832.6
VOLUMEN DEL BALDE = $1/3 \text{ pie}^3 = 0.00944 \text{ m}^3$						

Fuente: Elaboración propia

Se procede a calcular gráficamente el valor de la máxima compactación, resultando un porcentaje de 50.1% para el agregado fino como se observa en la figura N°5.

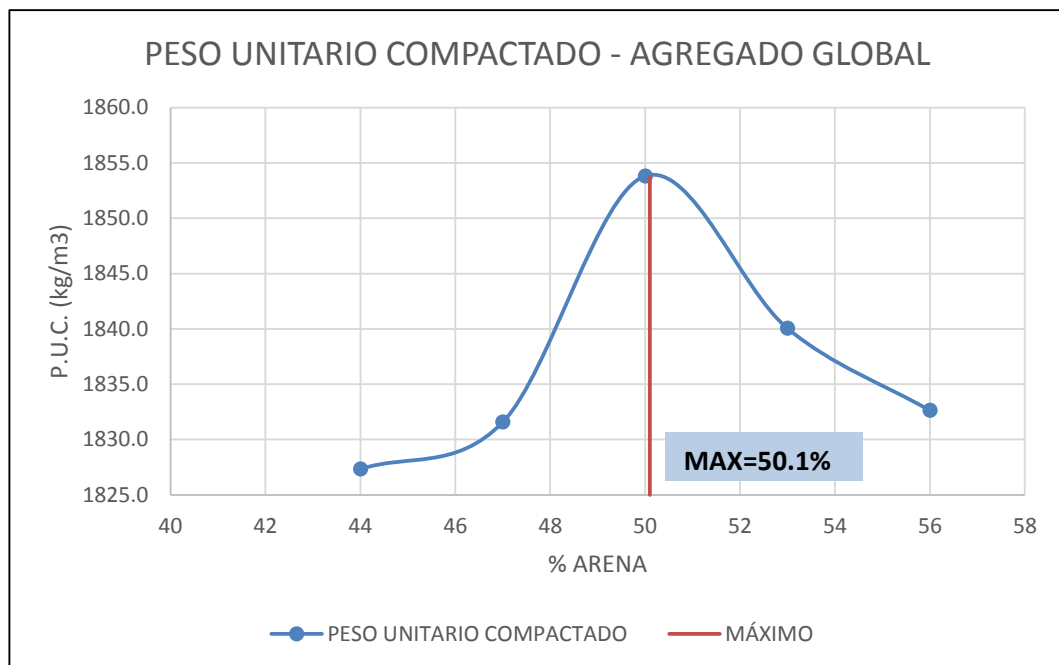


Figura N° 5. Determinación de la compactación máxima del agregado global

Fuente: Elaboración propia

Se tiene así que se llega a la máxima compactación del agregado global cuando los porcentajes de arena y piedra son 50.1 y 49.9% respectivamente. Se observa además que se llega a un valor máximo de compactación de 1853.7 kg/m<sup>3</sup>. Teniendo los valores porcentuales de cantidad de agregados se analiza la granulometría del agregado global, para su clasificación se usan los husos de 1 ½" de la NTP 400.037.

Cuadro N° 10. Granulometría del agregado global

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% RET. ARENA	% RET. PIEDRA	% RET. A (50.1%)	% RET. P (49.9%)	% RET. TOTAL	% RET. ACUM.	% ACUM. QUE PASA	HUSO 1 1/2"		
									LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	
									2"	50.00	---
1 1/2"	37.50	---	---	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	95	100	
1"	25.00	---	2.31	0.00	1.15	1.15	1.15	98.85	60	90	
3/4"	19.00	---	51.83	0.00	25.86	25.86	27.01	72.99	45	80	
1/2"	12.50	---	38.80	0.00	19.36	19.36	46.37	53.63	35	68	
3/8"	9.50	---	6.74	0.00	3.36	3.36	49.74	50.26	30	58	
N° 4	4.75	13.07	0.07	6.55	0.03	6.58	56.32	43.68	25	50	
N° 8	2.36	29.43	0.26	14.75	0.13	14.88	71.19	28.81	20	45	
N° 16	1.18	23.97	---	12.01	0.00	12.01	83.20	16.80	14	38	
N° 30	0.60	16.52	---	8.27	0.00	8.27	91.47	8.53	8	30	
N° 50	0.30	10.53	---	5.28	0.00	5.28	96.75	3.25	3	20	
N° 100	0.15	4.55	---	2.28	0.00	2.28	99.03	0.97	0	8	
FONDO	0.00	1.93	---	0.97	0.00	0.97	100.00	0.00			
TOTAL				50.1	49.9						

Fuente: Elaboración propia

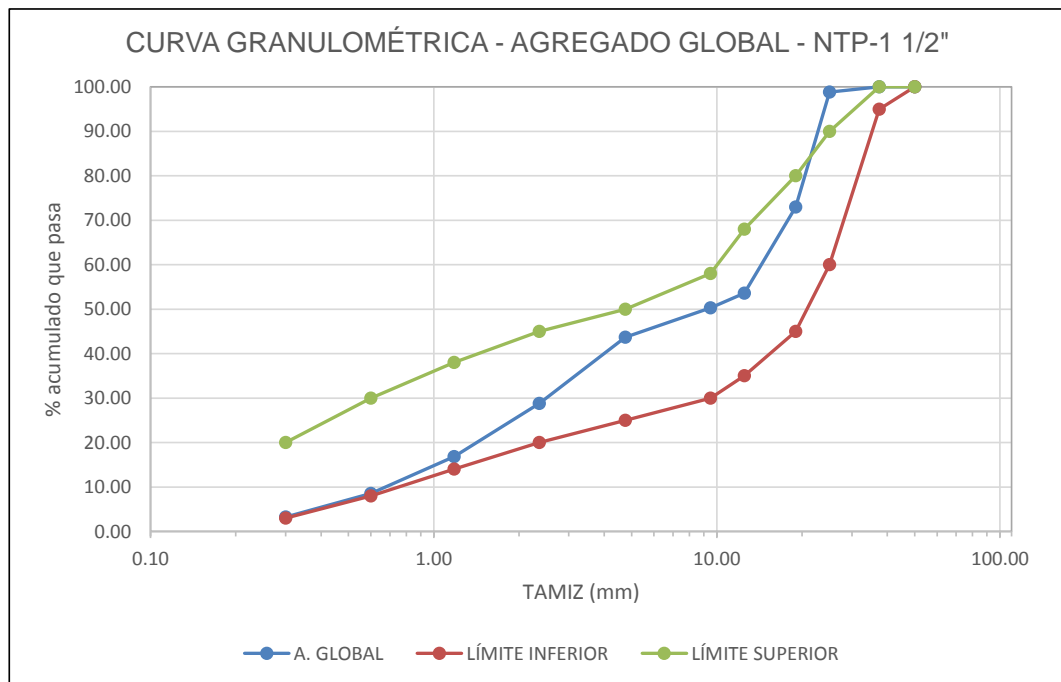


Figura N° 6. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

### 4.1. DISEÑO DE MEZCLA

Para la elaboración del presente informe se realizan tres diseños de mezcla para concretos de media a alta resistencia, se toma como relaciones de agua cemento los valores 0.45, 0.50 y 0.55. El método elegido para los diseños es el método del agregado global, el cual permite diseños óptimos a partir de la selección de porcentajes en peso de los agregados.

### 4.2. MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL

El diseño de mezclas de concreto se basa en la combinación de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso; los investigadores prestan atención a la granulometría de los agregados, pues esta está relacionada directamente con la compacidad y sobre todo con la resistencia final del concreto.

En el año 1917, Richard B. Fuller y J. Thompson proponen una curva granulométrica con la cual proponen una dosificación, se conoce a este como el Método de Fuller. En este método se sustenta que la calidad del concreto no solamente depende de la cantidad de cemento que interviene en la mezcla, sino que además depende de la granulometría de los agregados, es así que adecuando los agregados a una curva granulométrica se pueden conseguir mejores propiedades de resistencia del concreto.

En el año 1925, Bolomey y Caquot proponen que el tamaño y superficie de los agregados varían proporcionalmente con el volumen absoluto, planteando de esta manera una curva granulométrica que propone un nuevo método de diseño.

Todo el conjunto de curvas granulométricas se encuentra hoy normalizado, en el caso de Perú a través de la NTP 400.037.

#### 4.2.1. Metodología del diseño por agregado global

El método de diseño del agregado global parte de la premisa de que con una combinación ideal de agregados finos y agregados gruesos, es posible hallar un punto de máxima compacidad debido a la disminución de vacíos entre partículas. En la norma NTP 400.037 se indican los husos granulométricos dentro de los cuales deberá estar contenida la granulometría obtenida por la combinación de agregados; en similitud, la norma DIN 1045 también lo plantea unos husos granulométricos.

Cuadro N° 11. Husos granulométricos NTP del agregado global

TAMIZ	HUSO 1 1/2"		HUSO 3/4"		HUSO 3/8"	
	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
2"	100	100				
1 1/2"	95	100	100	100		
1"	60	90	95	100		
3/4"	45	80				
1/2"	35	68			100	100
3/8"	30	58			95	100
N° 4	25	50	35	55	30	65
N° 8	20	45			20	50
N° 16	14	38			15	40
N° 30	8	30	10	35	10	30
N° 50	3	20			5	15
N° 100	0	8	0	8	0	8
FONDO	0	0	0	0	0	0

Fuente: NTP 400.037

Cuadro N° 12. Husos granulométricos DIN del agregado global DIN

ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA		
	I	II	III
31.5	100	100	100
16	62	80	89
8	38	62	77
4	23	47	65
2	14	37	53
1	8	28	42
0.25	2	8	15

Fuente: DIN 1045

La presente investigación se basa en las relaciones agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55. Se plantea un asentamiento de diseño de 6"-7" para un concreto de mediana a alta resistencia.

#### 4.3. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA

De investigaciones anteriores se conoce la información de cantidad de agua en diseños de concretos de mediana a alta resistencia, se plantea iniciar tres diseños de mezcla para la relación agua cemento 0.45, con cantidades de agua de 230, 240 y 250 litros por m<sup>3</sup>.

Se procede a ejecutar una tanda de mezcla para cada valor de la cantidad de agua y se halla en laboratorio el valor del asentamiento para cada una de ellas por el método del cono de Abrams. Los resultados se grafican y se halla una tendencia lineal que nos permite conocer la cantidad de agua óptima para los diseños.

Cuadro N° 13. Diseño de mezcla con 230 litros/m<sup>3</sup>

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M <sup>3</sup> )	LABORATORIO (54 kg)
0.45	CEMENTO	511.11	0.16			511.11	12.08
	AGUA	230.00	0.23			243.69	5.76
	AIRE		0.02				
	VOL. PARCIAL		0.41				
	VOL. AGREGADOS		0.59				
	ARENA	727.77	0.30	732.75	-6.70	732.75	17.31
	PIEDRA	797.15	0.30	797.91	-6.99	797.91	18.85
SLUMP	5					2285.46	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 14. Diseño de mezcla con 240 litros/m<sup>3</sup>

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M <sup>3</sup> )	LABORATORIO (54 kg)
0.45	CEMENTO	533.33	0.17			533.33	12.67
	AGUA	240.00	0.24			253.50	6.02
	AIRE		0.02				
	VOL. PARCIAL		0.42				
	VOL. AGREGADOS		0.58				
	ARENA	706.83	0.29	711.67	-6.51	711.67	16.90
	PIEDRA	774.21	0.29	774.95	-6.99	774.95	18.41
SLUMP	6.5					2273.45	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 15. Diseño de mezcla con 240 litros/m<sup>3</sup>

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M <sup>3</sup> )	LABORATORIO (54 kg)
0.45	CEMENTO	555.56	0.18			555.56	13.27
	AGUA	250.00	0.25			263.10	6.28
	AIRE		0.02				
	VOL. PARCIAL		0.44				
	VOL. AGREGADOS		0.56				
	ARENA	685.89	0.28	690.59	-6.32	690.59	16.49
	PIEDRA	751.28	0.28	751.99	-6.79	751.99	17.96
SLUMP	7.5					2261.23	

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene los resultados de asentamiento y resumen los resultados en el cuadro N°19.

Cuadro N° 16. Tabulación agua vs. Asentamiento para diseño

AGUA (litros)	SLUMP (pulg)
230.00	5
240.00	6.5
250.00	7.5

Fuente: Elaboración propia

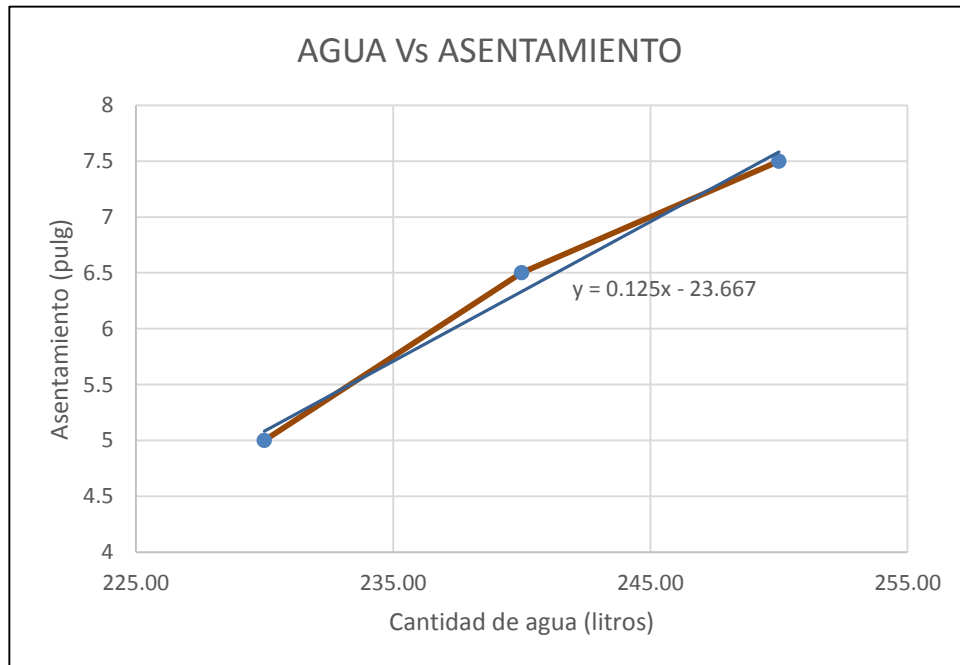


Figura N° 7. Grafica agua vs. Asentamiento

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica de la figura N°7 se obtiene una cantidad óptima de agua de 245.33 litros/m<sup>3</sup> para un asentamiento de diseño de 7”.

#### 4.4. OPTIMIZACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS

Se conoce la cantidad de agua óptima para el diseño, con un valor de 245.33 litros/m<sup>3</sup>; además, se conoce que el porcentaje de agregado fino en la mezcla, con un valor de 50.1%.

Para optimizar el porcentaje de agregado fino se plantea realizar tres diseños de mezcla con una variación de +/3 % del porcentaje de arena. Con estos diseños se elaboró una muestra cilíndrica de 4”x8” para cada dosificación, y estas muestras se sometieron a compresión axial con la intención de encontrar una tendencia polinómica que relacione el porcentaje de arena versus la resistencia a la compresión; y así poder optimizar los porcentajes de agregados, esta vez, verificados por la resistencia a la compresión.



Cuadro N° 17. Diseño de mezcla con 47.1% de arena

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m3)	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M3)	LABORATORIO (54kg)
0.45	CEMENTO	545.19	0.17			545.19	12.97
	AGUA	245.34	0.245			258.44	6.15
	AIRE		0.015				
	VOL. PARCIAL		0.43				
	VOL. AGREGADOS		0.57				
	ARENA	654.00	0.27	658.48	-6.02	658.48	15.66
	PIEDRA	807.78	0.30	808.55	-7.08	808.55	19.23
SLUMP	7					2270.66	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 18. Diseño de mezcla con 50.1% de arena

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m3)	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M3)	LABORATORIO (54 kg)
0.45	CEMENTO	545.19	0.17			545.19	12.99
	AGUA	245.34	0.245336			258.82	6.16
	AIRE		0.015				
	VOL. PARCIAL		0.43				
	VOL. AGREGADOS		0.57				
	ARENA	695.66	0.28	700.42	-6.40	700.42	16.68
	PIEDRA	761.97	0.28	762.70	-7.08	762.70	18.17
SLUMP	7					2267.13	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 19. Diseño de mezcla con 53.1% de arena

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m3)	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M3)	LABORATORIO (54 kg)
0.45	CEMENTO	545.19	0.17			545.19	13.01
	AGUA	245.34	0.245336			258.81	6.18
	AIRE		0.015				
	VOL. PARCIAL		0.43				
	VOL. AGREGADOS		0.57				
	ARENA	737.31	0.30	742.36	-6.79	742.36	17.71
	PIEDRA	716.16	0.27	716.84	-6.68	716.84	17.10
SLUMP	7					2263.20	

Fuente: Elaboración propia

Se realizan las roturas de las probetas dando como resultado los valores mostrados en el cuadro N°23. Se procede luego a calcular una tendencia polinómica, con la cual se halla el valor del %Arena que resulta del punto de máxima resistencia a la compresión.

Cuadro N° 20. Resultados de resistencia a la compresión

VARIACIÓN	%ARENA	%PIEDRA	f'c (kg/cm2)
-3%	47.1	52.9	248.49
0%	50.1	49.9	267.14
3%	53.1	46.9	206.29

Fuente: Elaboración propia

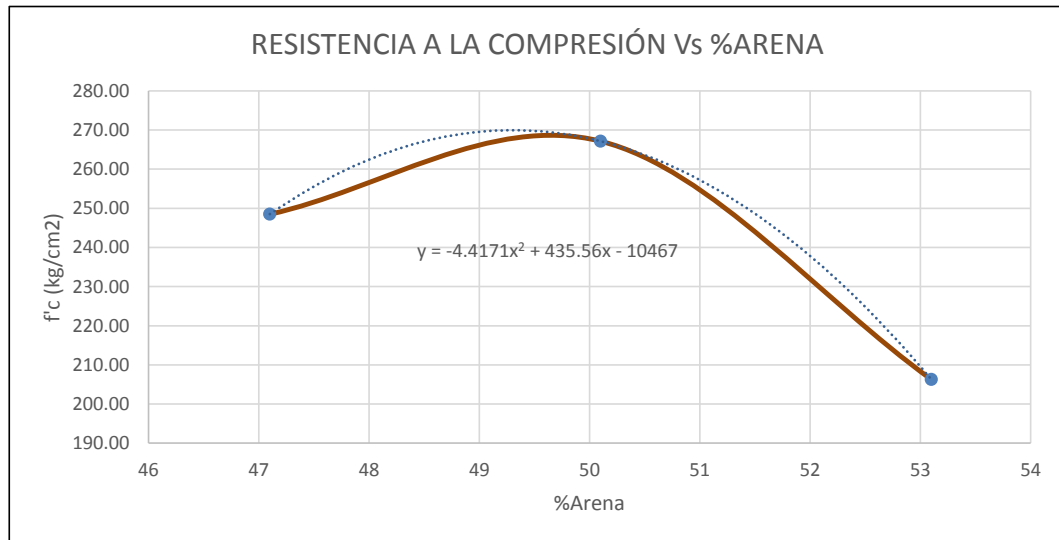


Figura N° 8. Resistencia a la compresión vs. %arena

Fuente: Elaboración propia

De la figura N°8, se determina que el porcentaje de arena óptimo, verificado por resistencia a la compresión, es de 49.3%, por lo cual el porcentaje de piedra resulta en el valor de 50.7%.

#### 4.5. DISEÑO DE MEZCLA CON A/C 0.45

El diseño de mezcla se presenta en el cuadro N°24.

Cuadro N° 21. Diseño de mezcla a/c = 0.45

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m3)	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M3)	LABORATORIO (54 kg)
0.45	CEMENTO	545.19	0.17			545.19	12.98
	AGUA	245.34	0.25			243.00	5.79
	AIRE		0.015				
	VOL. PARCIAL		0.43				
	VOL. AGREGADOS		0.57				
	ARENA	684.55	0.28	702.69	7.15	702.69	16.73
	PIEDRA	774.19	0.29	776.90	-4.81	776.90	18.50
SLUMP	7"					2267.78	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. DISEÑO DE MEZCLA CON A/C 0.50

El diseño de mezcla se presenta en el cuadro N°25.

Cuadro N° 22. Diseño de mezcla a/c = 0.50

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m3)	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M3)	LABORATORIO (54 kg)
0.5	CEMENTO	490.67	0.156			490.67	11.73
	AGUA	245.34	0.245			242.93	5.81
	AIRE		0.015				
	VOL. PARCIAL		0.42				
	VOL. AGREGADOS		0.58				
	ARENA	705.46	0.29	724.15	7.37	724.15	17.32
	PIEDRA	797.84	0.30	800.63	-4.96	800.63	19.14
SLUMP	7"					2258.38	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. DISEÑO DE MEZCLA CON A/C 0.55

El diseño de mezcla se presenta en el cuadro N°26.

Cuadro N° 23. Diseño de mezcla a/c = 0.55

A/C	MATERIAL	PESO DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN (m3)	CORRECCIÓN HUMEDAD	APORTE DE AGUA	DISEÑO (1M3)	LABORATORIO (54 kg)
0.55	CEMENTO	446.07	0.14			446.07	10.70
	AGUA	245.34	0.245336			242.87	5.83
	AIRE		0.015				
	VOL. PARCIAL		0.40				
	VOL. AGREGADOS		0.60				
	ARENA	722.57	0.29	741.72	7.55	741.72	17.80
	PIEDRA	817.19	0.30	820.05	-5.08	820.05	19.68
SLUMP	7"					2250.70	

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

### 5.1. ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO

Se realizan los siguientes ensayos en concreto fresco:

- Consistencia.
- Exudación.
- Fluidez.
- Peso unitario.
- Tiempo de fraguado

#### 5.1.1. Ensayo de consistencia (NTP 339.035)

Siguiendo los pasos mencionados en la norma, el ensayo se lleva a cabo a con el uso del cono de Abrams. Para esto se dispone de una base metálica, cono de Abrams y una varilla lisa redondeada de 5/8"x60cm.

Se procede a humedecer la base, el cono y la varilla, se coloca el cono sobre la base y se pisa sobre las orejas del cono, se procede a llenar con mezcla en tres capas, cada una de estas capas debe contener 1/3 del volumen del cono y en cada una de ellas se realizan 25 golpes uniformes distribuidos en forma de espiral. Luego se procede a poner en ras la superficie de la cara superior del cono con el uso de la varilla, se levanta verticalmente el cono y se mide la altura de asentamiento de la mezcla.

Los resultados para cada uno de las relaciones agua cemento se presentan en el cuadro N° 27.

Cuadro N° 24. Ensayo de asentamiento con el cono de Abrams

RELACIÓN A/C	ASENTAMIENTO (cm)	ASENTAMIENTO (pulg)
0.45	13.35	6 1/4
0.50	15.85	6 1/4
0.55	16.50	6 1/2

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.2. Ensayo de exudación (NTP 339.077)

Se define como exudación a la propiedad del concreto fresco de expulsar agua sobre la superficie debido a la sedimentación de las partículas y la capilaridad, se tiene que a mayor sea la exudación, mayor es la pérdida de agua, lo cual afecta la durabilidad del concreto endurecido.

Siguiendo los pasos mencionado en la norma, para llevar a cabo este ensayo se dispone de un recipiente metálico de diámetro 20 cm., una pipeta, una probeta graduada, una varilla de 5/8"x60cm y una balanza con precisión a un decimal de gramo.

Se procede a llenar el recipiente con la mezcla en tres capas, cada una de ellas ocupando aproximadamente 1/3 del volumen del recipiente y realizando 25 golpes (en forma de espiral) con la varilla para cada capa, procurando dejar 1" de altura del recipiente libre sin mezcla. Se anota la hora de inicio y se cubre para evitar la evaporación. Con ayuda de un taco de 50mm, se inclina el recipiente y se procede a extraer el agua con la pipeta y depositarla dentro de la probeta graduada, este paso se realiza cada 10 minutos por 4 veces y luego cada 30 minutos hasta que se detenga la exudación. Se registra la última hora de exudación.

Cuadro N° 25. Ensayo de exudación para la relación a/c=0.45

HORA (h:min)	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN AGUA (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:38	0	0	0.00	0.00
09:48	10	10	0.20	0.20
09:58	10	20	0.50	0.70
10:08	10	30	0.90	1.60
10:18	10	40	2.80	4.40
10:48	30	70	10.30	14.70
11:18	30	100	3.80	18.50
11:48	30	130	0.10	18.60
12:18	30	160	0.00	18.60

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 26. Resultados del ensayo de exudación para la relación a/c=0.45

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Ve	VOLUMEN DE EXUDACIÓN ACUMULADO (cm <sup>3</sup> )	18.60
A	ÁREA DE LA SECCIÓN DE CONCRETO (cm <sup>2</sup> )	314.2
W	PESO TOTAL DE LA TANDA DE MEZCLA (kg)	89.93
w	CANTIDAD DE AGUA USADA EN LA MEZCLA (g)	9636
B	PESO BALDE (kg)	5.85
BM	PESO BALDE (kg) + PESO MEZCLA (kg)	25.25
S	PESO DE LA MEZCLA EN EL RECIPIENTE (kg)	19.4
C	PESO DE AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (kg)	2078.71
D	PESO TOTAL DE AGUA DE EXUDACIÓN (g)	18.6
V	VOL. DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.059
E	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)	0.89

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 27. Ensayo de exudación para la relación a/c=0.50

HORA (h:min)	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN AGUA (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:29	0	0	0.00	0.00
09:39	10	10	0.05	0.05
09:49	10	20	0.20	0.25
09:59	10	30	3.00	3.25
10:09	10	40	6.00	9.25
10:39	30	70	8.80	18.05
11:09	30	100	2.20	20.25
11:39	30	130	0.20	20.45
12:09	30	160	0.00	20.45

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 28. Resultados del ensayo de exudación para la relación a/c=0.50

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Ve	VOLUMEN DE EXUDACIÓN ACUMULADO (cm <sup>3</sup> )	20.45
A	ÁREA DE LA SECCIÓN DE CONCRETO (cm <sup>2</sup> )	314.2
W	PESO TOTAL DE LA TANDA DE MEZCLA (kg)	89.56
w	CANTIDAD DE AGUA USADA EN LA MEZCLA (g)	9633
B	PESO BALDE (kg)	5.85
BM	PESO BALDE (kg) + PESO MEZCLA (kg)	25.99
S	PESO DE LA MEZCLA EN EL RECIPIENTE (kg)	20.14
C	PESO DE AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (kg)	2166.24
D	PESO TOTAL DE AGUA DE EXUDACIÓN (g)	20.5
V	VOL. DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.065
E	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)	0.94

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 29. Ensayo de exudación para la relación a/c=0.55

HORA (h:min)	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN AGUA (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
08:54	0	0	0.00	0.00
09:04	10	10	2.20	2.20
09:14	10	20	3.50	5.70
09:24	10	30	4.00	9.70
09:34	10	40	4.20	13.90
10:04	30	70	11.80	25.70
10:34	30	100	2.00	27.70
11:04	30	130	0.00	27.70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 30. Resultados del ensayo de exudación para la relación a/c=0.50

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Ve	VOLUMEN DE EXUDACIÓN ACUMULADO (cm <sup>3</sup> )	27.70
A	ÁREA DE LA SECCIÓN DE CONCRETO (cm <sup>2</sup> )	314.2
W	PESO TOTAL DE LA TANDA DE MEZCLA (kg)	89.25
w	CANTIDAD DE AGUA USADA EN LA MEZCLA (g)	9631
B	PESO BALDE (kg)	5.66
BM	PESO BALDE (kg) + PESO MEZCLA (kg)	24.72
S	PESO DE LA MEZCLA EN EL RECIPIENTE (kg)	19.06
C	PESO DE AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (kg)	2056.77
D	PESO TOTAL DE AGUA DE EXUDACIÓN (g)	27.7
V	VOL. DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.088
E	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)	1.35

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en el cuadro N°30 el resumen de los resultados de los ensayos de exudación.

Cuadro N° 31. Resumen de resultados de ensayo de exudación

RELACIÓN (a/c)	VOLUMEN DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)
0.45	0.059	0.89
0.50	0.065	0.94
0.55	0.088	1.35

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3. Ensayo de fluidez (NTP 339.085)

Se tiene que la fluidez es una medición que nos permite determinar el grado de trabajabilidad de una mezcla de concreto fresco. Siguiendo los pasos mencionados en la norma se necesita un molde en forma de cono truncado con diámetros 130mm y 250mm en la base superior e inferior respectivamente, mesa de sacudidas y una varilla de 5/8"x60cm con punta redondeada.

Se humedecen el molde, la mesa y la varilla, se coloca el cono en el centro de la mesa, se llena el recipiente con la mezcla en dos capas, cada una de ellas ocupando aproximadamente 1/2 del volumen del recipiente y realizando 25 golpes (en forma de espiral) con la varilla para cada capa, se enrasa, se limpia y se retira el molde en forma de cono truncado de manera vertical. Se eleva la mesa y se deja caer por medio de 15 repeticiones, se miden luego, cuatro diámetros en centímetros con una aproximación de 5mm.

Se muestran en el cuadro N° 35, los resultados del ensayo realizado a las tres mezclas en estado fresco (a/c = 0.45, 0.50 y 0.55).

Cuadro N° 32. Resultados del ensayo de fluidez

RELACIÓN A/C	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	Dp (cm)	PORCENTAJE DE FLUIDEZ F (%)
0.45	36.0	36.5	36.0	37.0	36.4	45.50%
0.50	35.5	37.0	38.0	36.5	36.8	47.00%
0.55	34.0	36.0	37.5	35.0	35.6	42.50%

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.4. Ensayo de peso unitario (NTP 339.046)

Este ensayo se realiza para conocer el peso del concreto fresco por metro cubico. Siguiendo los pasos señalados en la norma se necesita un molde de volumen  $1/3 \text{ pie}^3$ , una varilla de  $5/8" \times 60 \text{ cm}$  y una balanza.

Se procede a llenar el recipiente con la mezcla en tres capas, cada una de ellas ocupando aproximadamente  $1/3$  del volumen del recipiente y realizando 25 golpes (en forma de espiral) con la varilla para cada capa, se enrasa con la varilla y se mide el peso de mezcla contenida en el recipiente.

Cuadro N° 33. Ensayo de peso unitario del concreto fresco a/c=0.45

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
A	PESO DEL MOLDE (kg)	5.85
B	PESO DEL MOLDE (kg)+PESO DE AGREGADO (kg)	27.34
C	VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.009438948
A-B	PESO DEL AGREGADO (kg)	21.49
(A-B)/C	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	2276.74

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 34. Ensayo de peso unitario del concreto fresco a/c=0.50

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
A	PESO DEL MOLDE (kg)	5.85
B	PESO DEL MOLDE (kg)+PESO DE AGREGADO (kg)	27.45
C	VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.009438948
A-B	PESO DEL AGREGADO (kg)	21.6
(A-B)/C	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	2288.39

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 35. Ensayo de peso unitario del concreto fresco a/c=0.55

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
A	PESO DEL MOLDE (kg)	5.85
B	PESO DEL MOLDE (kg)+PESO DE AGREGADO (kg)	26.72
C	VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.009438948
A-B	PESO DEL AGREGADO (kg)	20.87
(A-B)/C	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	2211.05

Fuente: Elaboración propia



### 5.1.5. Ensayo de tiempo de fraguado (NTP 339.082)

Se tiene que después de entrar en contacto el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, comienza la reacción química que resulta en el endurecimiento del concreto; así se tiene que el tiempo de fragua es el intervalo de tiempo medido desde el contacto de la mezcla con el agua hasta que el concreto pierde plasticidad hasta llegar a cero.

Siguiendo los parámetros señalados en la norma se requiere de un tamiz de 4.76 mm de abertura para separar la matriz de la mezcla, un recipiente de 15 cm de diámetro interior y altura interior 15 cm, equipo medidor de presión y agujas cilíndrica de superficie de contacto de 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.50 y 1 pulg<sup>2</sup>.

Se procede a tamizar la mezcla de concreto recién mezclado, se humedece el recipiente y se lo llena con la mezcla tamizada hasta una altura de 1" por debajo de la cara superior, se aplican 25 golpes con la varilla, se enraza y se retira el agua de exudación. Se procede a penetrar la matriz con las agujas y el equipo de medición, comenzando con la aguja de 1 pulg<sup>2</sup>, seguida de las agujas en sentido decreciente de superficie. Se anotan los datos de tiempo y fuerza ejercida de penetración. El ensayo termina cuando al penetrar con la aguja de 0.025 pulg<sup>2</sup> la resistencia penetrada es 4000 lb/pulg<sup>2</sup>.

Cuadro N° 36. Ensayo de tiempo de fraguado a/c=0.45

HORA (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	FUERZA (libras)	AGUJA N°	ÁREA AGUJA (pulg <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
09:23							
12:50	03:27	207	207	120	1	1.000	120
12:52	00:02	2	209	69	2	0.500	138
13:31	00:39	39	248	110	3	0.250	440
13:32	00:01	1	249	46	4	0.100	460
14:16	00:44	44	293	78	5	0.050	1560
14:47	00:31	31	324	80	6	0.025	3200
15:05	00:18	18	342	108	6	0.025	4320

Fuente: Elaboración propia

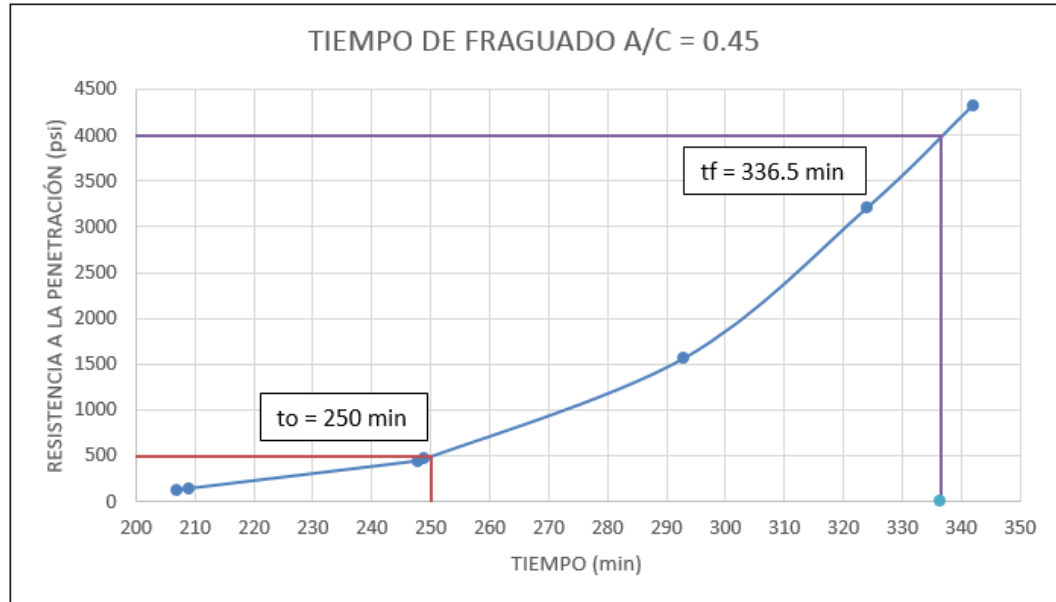


Figura N° 9. Grafica de tiempo vs. Resistencia a la penetración a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 37. Ensayo de tiempo de fraguado a/c=0.50

HORA (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	FUERZA (libras)	AGUJA N°	ÁREA AGUJA (pulg <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
09:09							
12:03	02:54	174	174	20	1	1.000	20
13:21	01:18	18	192	138	2	0.500	276
14:00	00:39	39	231	190	3	0.250	760
14:01	00:01	1	232	78	4	0.100	780
14:04	00:03	3	235	43	5	0.050	860
14:21	00:17	17	252	38	6	0.025	1520
14:36	00:15	15	267	54	6	0.025	2160
15:00	00:24	24	291	80	6	0.025	3200
15:12	00:12	12	303	97	6	0.025	3880
15:17	00:05	5	308	105	6	0.025	4200

Fuente: Elaboración propia

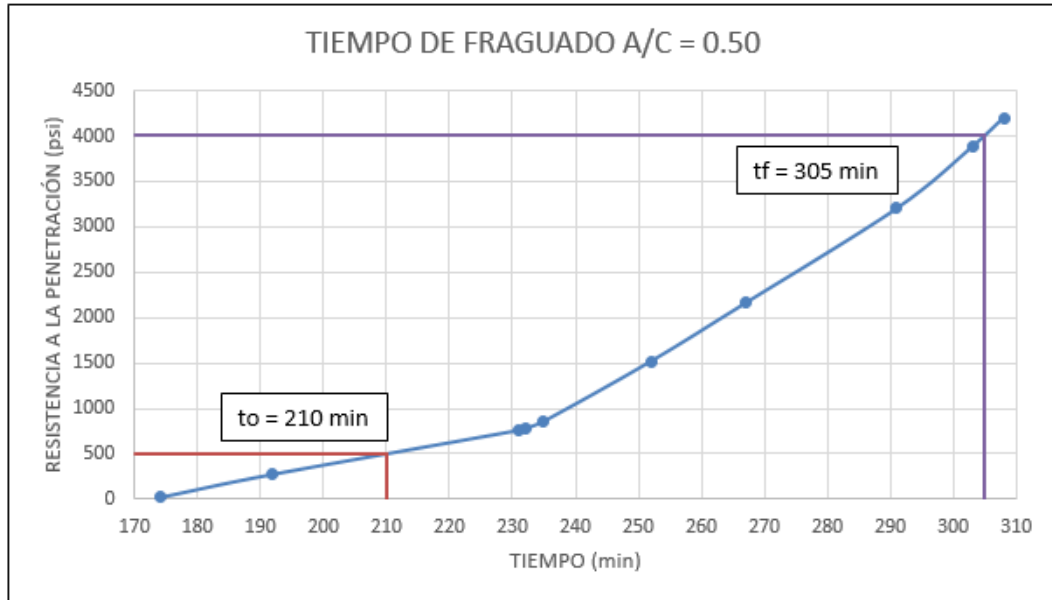


Figura N° 10. Grafica de tiempo vs. Resistencia a la penetración a/c=0.50

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 38. Ensayo de tiempo de fraguado a/c=0.55

HORA (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	FUERZA (libras)	AGUJA N°	ÁREA AGUJA (pulg2)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
08:29							
13:11	04:42	282	282	32	1	1.000	32
14:13	01:02	62	344	127	1	1.000	127
15:00	00:47	47	391	164	2	0.500	328
15:30	00:30	30	421	180	3	0.250	720
15:45	00:15	15	436	92	4	0.100	920
16:00	00:15	15	451	70	5	0.050	1400
16:30	00:30	30	481	72	6	0.025	2880
16:45	00:15	15	496	96	6	0.025	3840
17:00	00:15	15	511	126	6	0.025	5040

Fuente: Elaboración propia

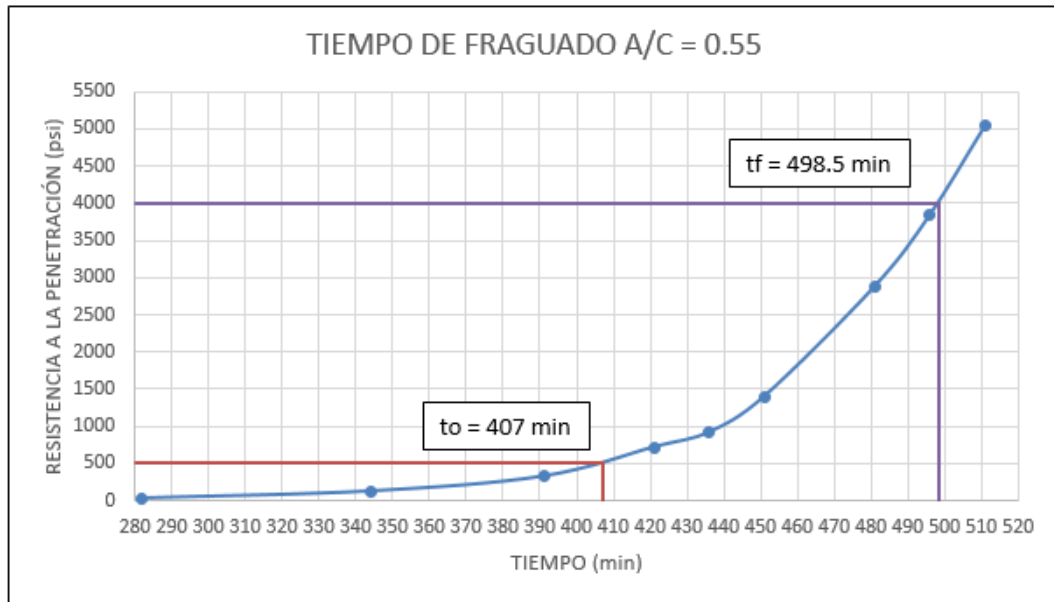


Figura N° 11. Gráfica de tiempo vs. Resistencia a la penetración a/c=0.55

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

### 6.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para la elaboración del presente informe se lleva a cabo la preparación de tres diseños de mezcla, cada uno de ellos para las relaciones agua cemento de 0.45, 0.50 y 0.55. Con cada una de estos diseños se procede a elaborar muestras cilíndricas de 4"x8" y 6"x12", muestras que son sometidas a compresión a través del ensayo normado en la NTP 339.034 a los 7 días y a los 28 días.

En el cuadro N°1 se observa la cantidad de probetas elaboradas en el Laboratorio de Ensayo de materiales, de esta cantidad se uniformiza la muestra de tal manera que la cantidad para cada relación a/c y cada tiempo de curado sea constante, como se observa en el cuadro N°38.

Cuadro N° 39. Cantidad de muestras cilíndricas seleccionadas

	7 DÍAS		28 DÍAS	
	4"x8"	6"x12"	4"x8"	6"x12"
<b>AC 0.45</b>	33	33	33	33
<b>AC 0.50</b>	33	33	33	33
<b>AC 0.55</b>	33	33	33	33

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la resistencia a la compresión de las probetas de 4"x8 y 6"x12, para las relaciones agua cemento 0.45, 0.50 y 0.55, ensayadas a los 7 y 28 días. Para el ensayo a compresión de las muestras cilíndricas se utilizaron las siguientes maquinas:

- MÁQUINA DE COMPRESIÓN UNIAXIAL  
MARCA: ELE INTERNATIONAL  
CÓDIGO: PHEC-4  
CALIBRACIÓN: CMC-045-2021  
CAPACIDAD: 113 ton
- MÁQUINA DE COMPRESION HIDRÁULICA  
MARCA: TINIUS OLSEN TESTING MACHINE  
CODIGO: MUNV-2  
CALIBRACIÓN: 24/08/2020  
CAPACIDAD: 150 ton

## 6.2. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

### 6.2.1. Resistencia a la compresión relación a/c 0.45

Cuadro N° 40. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 7 días, a/c=0.45

ITEM	CÓDIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
1	VR-001-45	51246.4	15.21	15.27	0.39%	15.24	30.10	29.90	30.00	1.969	280.93	0.997	280.23
2	VR-003-45	49140.4	15.20	15.10	0.66%	15.15	30.10	29.90	30.00	1.980	272.60	0.998	272.17
3	VR-005-45	51453.8	15.16	15.16	0.00%	15.16	30.10	30.00	30.05	1.982	285.06	0.999	284.65
4	VR-007-45	50528.4	15.01	15.00	0.07%	15.01	30.00	30.10	30.05	2.003	285.74	1.000	285.80
5	VR-010-45	51615.3	15.20	15.16	0.26%	15.18	30.00	30.00	30.00	1.976	285.20	0.998	284.66
6	VR-012-45	51477.4	15.16	15.18	0.13%	15.17	29.90	30.00	29.95	1.974	284.81	0.998	284.22
7	VR-013-45	50066.4	15.19	15.23	0.26%	15.21	30.00	30.00	30.00	1.972	275.55	0.998	274.94
8	VR-015-45	53014.8	15.19	15.21	0.13%	15.20	30.00	30.10	30.05	1.977	292.16	0.998	291.62
9	VR-017-45	46777.8	15.14	15.13	0.07%	15.14	30.10	30.00	30.05	1.985	260.01	0.999	259.70
10	VR-019-45	51082.5	15.15	15.23	0.53%	15.19	30.20	30.10	30.15	1.985	281.88	0.999	281.54
11	VR-021-45	52925.9	15.18	15.25	0.46%	15.22	30.10	30.00	30.05	1.975	291.09	0.998	290.51
12	VR-023-45	51521.8	15.13	15.26	0.86%	15.20	30.00	29.90	29.95	1.971	284.12	0.998	283.46
13	VR-025-45	50029.6	15.15	15.31	1.06%	15.23	30.00	29.90	29.95	1.967	274.62	0.997	273.89
14	VR-027-45	50662.3	15.27	15.22	0.33%	15.25	30.00	30.10	30.05	1.971	277.55	0.998	276.91
15	VR-029-45	46294.7	15.18	15.25	0.46%	15.22	30.00	30.10	30.05	1.975	254.62	0.998	254.11
16	VR-031-45	48833.7	15.24	15.20	0.26%	15.22	30.10	30.30	30.20	1.984	268.41	0.999	268.07
17	VR-033-45	53529.7	15.10	15.27	1.13%	15.19	30.10	30.10	30.10	1.982	295.58	0.999	295.16
18	VR-035-45	48078.1	15.37	15.13	1.59%	15.25	30.20	30.10	30.15	1.977	263.22	0.998	262.74
19	VR-037-45	48470.3	15.14	15.24	0.66%	15.19	29.80	30.00	29.90	1.968	267.47	0.997	266.79
20	VR-039-45	50906.7	15.21	15.12	0.60%	15.17	30.00	30.00	30.00	1.978	281.84	0.998	281.35
21	VR-041-45	46142.0	15.21	15.19	0.13%	15.20	30.10	30.10	30.10	1.980	254.28	0.998	253.88
22	VR-043-45	52038.7	15.13	15.24	0.73%	15.19	30.20	30.00	30.10	1.982	287.35	0.999	286.94
23	VR-045-45	51062.5	15.11	15.30	1.26%	15.21	30.00	30.10	30.05	1.976	281.22	0.998	280.68
24	VR-047-45	50531.1	15.20	15.32	0.79%	15.26	30.00	30.00	30.00	1.966	276.29	0.997	275.53
25	VR-049-45	51657.2	15.29	15.19	0.66%	15.24	29.90	30.00	29.95	1.965	283.19	0.997	282.40
26	VR-051-45	52859.0	15.12	15.32	1.32%	15.22	29.80	30.10	29.95	1.968	290.54	0.997	289.79
27	VR-053-45	53570.0	15.29	15.17	0.79%	15.23	29.90	30.10	30.00	1.970	294.06	0.998	293.35
28	VR-055-45	52267.9	15.28	15.16	0.79%	15.22	30.00	29.80	29.90	1.965	287.29	0.997	286.47
29	VR-057-45	53084.2	15.31	15.18	0.86%	15.25	30.10	30.00	30.05	1.971	290.82	0.998	290.15
30	VR-061-45	52300.0	15.16	15.19	0.20%	15.18	30.10	30.10	30.10	1.984	289.17	0.999	288.79
31	VR-063-45	50000.0	15.13	15.31	1.19%	15.22	30.10	30.20	30.15	1.981	274.82	0.998	274.40
32	VR-065-45	50500.0	15.12	15.27	0.99%	15.20	30.10	30.00	30.05	1.978	278.48	0.998	277.99
33	VR-067-45	48100.0	15.08	15.17	0.60%	15.13	30.00	29.80	29.90	1.977	267.71	0.998	267.21

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 41. Resultados de resistencia a la compresión muestras 6"x12", 28 días, a/c=0.45

ITEM	CÓDIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
1	VR-002-45	76100.0	15.12	15.34	1.46%	15.23	29.90	29.90	29.90	1.963	417.73	0.997	416.50
2	VR-004-45	75600.0	15.30	15.19	0.72%	15.25	29.90	29.90	29.90	1.961	414.17	0.997	412.89
3	VR-006-45	73200.0	15.30	15.19	0.72%	15.25	30.10	29.90	30.00	1.968	401.02	0.997	399.99
4	VR-008-45	75500.0	15.21	15.27	0.39%	15.24	29.90	29.80	29.85	1.959	413.89	0.997	412.52
5	VR-009-45	74200.0	15.31	15.21	0.66%	15.26	30.00	29.90	29.95	1.963	405.70	0.997	404.49
6	VR-011-45	75300.0	15.33	15.17	1.05%	15.25	30.10	30.10	30.10	1.974	412.25	0.998	411.39
7	VR-014-45	71600.0	15.30	15.10	1.32%	15.20	30.00	30.10	30.05	1.977	394.58	0.998	393.85
8	VR-016-45	75600.0	15.34	15.18	1.05%	15.26	30.20	30.10	30.15	1.976	413.35	0.998	412.55
9	VR-018-45	66000.0	15.23	15.21	0.13%	15.22	30.10	30.20	30.15	1.981	362.76	0.998	362.21
10	VR-020-45	72600.0	15.20	15.18	0.13%	15.19	30.20	30.00	30.10	1.982	400.62	0.999	400.03
11	VR-022-45	70000.0	15.21	15.20	0.07%	15.21	30.00	30.00	30.00	1.973	385.51	0.998	384.68
12	VR-024-45	69400.0	15.12	15.14	0.13%	15.13	30.00	30.10	30.05	1.986	386.00	0.999	385.58
13	VR-026-45	69800.0	15.14	15.17	0.20%	15.16	30.10	30.00	30.05	1.983	386.95	0.999	386.42
14	VR-028-45	69300.0	15.20	15.21	0.07%	15.21	30.10	30.10	30.10	1.980	381.65	0.998	381.03
15	VR-030-45	68800.0	15.13	15.18	0.33%	15.16	30.00	30.10	30.05	1.983	381.41	0.999	380.88
16	VR-032-45	66200.0	15.16	15.14	0.13%	15.15	29.90	30.20	30.05	1.983	367.23	0.999	366.75
17	VR-034-45	71400.0	15.17	15.15	0.13%	15.16	30.00	30.10	30.05	1.982	395.56	0.999	394.99
18	VR-036-45	68500.0	15.20	15.24	0.26%	15.22	30.10	30.00	30.05	1.974	376.51	0.998	375.73
19	VR-038-45	68200.0	15.18	15.20	0.13%	15.19	30.00	29.80	29.90	1.968	376.34	0.997	375.39
20	VR-040-45	69900.0	15.23	15.11	0.79%	15.17	30.20	30.10	30.15	1.987	386.74	0.999	386.35
21	VR-042-45	72600.0	15.16	15.10	0.40%	15.13	30.10	30.00	30.05	1.986	403.80	0.999	403.35
22	VR-044-45	71400.0	15.21	15.08	0.86%	15.15	30.00	30.10	30.05	1.984	396.34	0.999	395.84
23	VR-046-45	66400.0	15.24	15.19	0.33%	15.22	30.00	30.10	30.05	1.975	365.20	0.998	364.47
24	VR-048-45	69800.0	15.15	15.13	0.13%	15.14	29.90	30.00	29.95	1.978	387.72	0.998	387.04
25	VR-050-45	65400.0	15.13	15.07	0.40%	15.10	30.00	30.00	30.00	1.987	365.20	0.999	364.82
26	VR-052-45	71200.0	15.13	15.08	0.33%	15.11	30.10	30.10	30.10	1.993	397.33	0.999	397.10
27	VR-054-45	72400.0	15.11	15.22	0.73%	15.17	30.10	30.10	30.10	1.985	400.83	0.999	400.35
28	VR-056-45	67800.0	15.10	15.15	0.33%	15.13	30.00	30.20	30.10	1.990	377.35	0.999	377.05
29	VR-058-45	65100.0	15.07	15.18	0.73%	15.13	30.10	30.10	30.10	1.990	362.33	0.999	362.04
30	VR-060-45	69300.0	15.20	15.17	0.20%	15.19	29.90	30.00	29.95	1.972	382.66	0.998	381.81
31	VR-062-45	65500.0	15.17	15.10	0.46%	15.14	30.00	29.90	29.95	1.979	364.07	0.998	363.46
32	VR-064-45	70400.0	15.16	15.14	0.13%	15.15	30.00	29.80	29.90	1.974	390.53	0.998	389.71
33	VR-066-45	69800.0	15.07	15.05	0.13%	15.06	30.00	30.10	30.05	1.995	391.85	1.000	391.70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 42. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 7 días, a/c=0.45

ITEM	CÓDIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VR-101-45	23984.0	10.05	10.02	0.30%	10.04	20.10	20.20	20.15	2.008	303.25	1.001	303.44
2	VR-103-45	23200.0	10.00	9.93	0.70%	9.97	19.80	20.10	19.95	2.002	297.47	1.000	297.52
3	VR-105-45	24452.0	10.06	10.02	0.40%	10.04	20.10	20.20	20.15	2.007	308.86	1.001	309.03
4	VR-109-45	20641.0	9.99	10.02	0.30%	10.01	20.00	19.90	19.95	1.994	262.55	1.000	262.42
5	VR-111-45	22309.0	9.97	10.06	0.90%	10.02	19.90	20.00	19.95	1.992	283.20	0.999	283.02
6	VR-113-45	21625.0	9.96	10.08	1.20%	10.02	19.90	20.30	20.10	2.006	274.24	1.000	274.37
7	VR-115-45	24177.0	9.93	10.06	1.31%	10.00	20.00	20.10	20.05	2.006	308.14	1.000	308.29
8	VR-117-45	23579.0	9.93	10.05	1.21%	9.99	20.10	20.10	20.10	2.012	300.82	1.001	301.11
9	VR-119-45	22001.5	10.01	10.03	0.20%	10.02	20.20	20.10	20.15	2.011	279.01	1.001	279.26
10	VR-121-45	20908.6	10.03	10.04	0.10%	10.04	20.10	20.00	20.05	1.998	264.36	1.000	264.32
11	VR-123-45	21407.7	9.99	10.00	0.10%	10.00	20.00	19.70	19.85	1.986	272.84	0.999	272.54
12	VR-125-45	23532.9	10.03	10.02	0.10%	10.03	20.10	19.90	20.00	1.995	298.14	1.000	298.02
13	VR-127-45	21199.0	10.05	10.00	0.50%	10.03	19.70	20.20	19.95	1.990	268.57	0.999	268.36
14	VR-129-45	22883.5	10.00	10.03	0.30%	10.02	19.90	20.10	20.00	1.997	290.49	1.000	290.42
15	VR-131-45	20639.0	10.03	10.02	0.10%	10.03	20.10	20.10	20.10	2.005	261.47	1.000	261.58
16	VR-133-45	21262.0	9.97	10.00	0.30%	9.99	19.90	20.00	19.95	1.998	271.53	1.000	271.49
17	VR-135-45	21192.4	9.98	10.07	0.90%	10.03	20.10	20.00	20.05	2.000	268.49	1.000	268.49
18	VR-137-45	24107.2	10.03	10.00	0.30%	10.02	20.30	20.10	20.20	2.017	306.02	1.001	306.44
19	VR-139-45	21019.4	10.01	10.06	0.50%	10.04	20.10	20.00	20.05	1.998	265.76	1.000	265.72
20	VR-141-45	21742.1	10.00	10.05	0.50%	10.03	20.00	20.20	20.10	2.005	275.45	1.000	275.56
21	VR-143-45	24247.5	10.03	10.01	0.20%	10.02	20.10	19.80	19.95	1.991	307.50	0.999	307.28
22	VR-145-45	21372.0	10.00	10.07	0.70%	10.04	19.80	20.00	19.90	1.983	270.22	0.999	269.86
23	VR-147-45	22294.0	10.08	10.07	0.10%	10.08	19.90	20.00	19.95	1.980	279.65	0.998	279.20
24	VR-149-45	22016.0	10.12	10.12	0.00%	10.12	20.00	20.20	20.10	1.986	273.71	0.999	273.41
25	VR-151-45	22414.0	10.09	10.06	0.30%	10.08	20.00	20.10	20.05	1.990	281.15	0.999	280.93
26	VR-153-45	20969.0	10.02	10.07	0.50%	10.05	20.10	20.10	20.10	2.001	264.60	1.000	264.62
27	VR-155-45	24401.0	10.02	10.08	0.60%	10.05	20.20	20.10	20.15	2.005	307.60	1.000	307.72
28	VR-157-45	22421.0	10.07	10.05	0.20%	10.06	20.00	19.90	19.95	1.983	282.08	0.999	281.70
29	VR-159-45	24328.0	10.00	10.04	0.40%	10.02	20.00	19.80	19.90	1.986	308.52	0.999	308.17
30	VR-161-45	22076.0	10.05	10.05	0.00%	10.05	20.00	20.00	20.00	1.990	278.29	0.999	278.07
31	VR-163-45	22285.0	10.04	10.08	0.40%	10.06	19.90	20.10	20.00	1.988	280.37	0.999	280.10
32	VR-167-45	23763.0	10.04	10.05	0.10%	10.05	19.90	20.00	19.95	1.986	299.86	0.999	299.52
33	VR-169-45	23226.0	10.05	10.04	0.10%	10.05	20.00	20.20	20.10	2.001	293.08	1.000	293.10

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 43. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 28 días, a/c=0.45

ITEM	CÓDIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	VR-102-45	35996.0	10.01	10.04	0.30%	10.03	20.43	20.49	20.46	2.041	456.03	1.003	457.52
2	VR-104-45	31349.0	10.02	10.01	0.10%	10.02	20.29	20.32	20.31	2.027	397.95	1.002	398.83
3	VR-106-45	32396.0	10.04	10.01	0.30%	10.03	20.45	20.47	20.46	2.041	410.42	1.003	411.77
4	VR-108-45	34220.0	10.00	10.03	0.30%	10.02	20.17	20.25	20.21	2.018	434.40	1.001	435.02
5	VR-110-45	34230.0	10.04	10.02	0.20%	10.03	20.33	20.35	20.34	2.028	433.23	1.002	434.19
6	VR-112-45	30760.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.32	20.30	20.31	2.030	391.26	1.002	392.20
7	VR-114-45	34655.0	10.01	9.99	0.20%	10.00	20.30	20.23	20.27	2.027	441.24	1.002	442.18
8	VR-116-45	31518.0	10.04	10.07	0.30%	10.06	20.02	20.01	20.02	1.991	396.92	0.999	396.62
9	VR-118-45	35420.0	10.02	10.06	0.40%	10.04	20.13	20.23	20.18	2.010	447.40	1.001	447.75
10	VR-120-45	32989.0	10.01	10.01	0.00%	10.01	20.10	20.10	20.10	2.008	419.19	1.001	419.46
11	VR-122-45	30663.0	10.04	10.02	0.20%	10.03	20.10	20.00	20.05	1.999	388.08	1.000	388.05
12	VR-124-45	33181.0	10.01	10.02	0.10%	10.02	20.00	20.10	20.05	2.002	421.21	1.000	421.28
13	VR-126-45	35584.0	10.02	10.01	0.10%	10.02	19.90	20.10	20.00	1.997	451.71	1.000	451.61
14	VR-128-45	33847.0	10.02	10.00	0.20%	10.01	20.10	20.00	20.05	2.003	430.09	1.000	430.20
15	VR-130-45	35047.0	10.00	10.00	0.00%	10.00	20.10	19.90	20.00	2.000	446.23	1.000	446.23
16	VR-132-45	34245.0	10.01	10.00	0.10%	10.01	19.80	20.00	19.90	1.989	435.59	0.999	435.20













Cuadro N° 51. Resultados de resistencia a la compresión muestras 4"x8", 28 días, a/c=0.55

ITEM	CÓDIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
1	VT-102-55	26260.0	9.86	9.88	0.20%	9.87	20.10	20.10	20.10	2.036	343.22	1.003	344.22
2	VT-104-55	27682.0	9.92	9.91	0.10%	9.92	20.10	20.10	20.10	2.027	358.53	1.002	359.31
3	VT-106-55	24523.0	9.82	9.81	0.10%	9.82	20.00	20.00	20.00	2.038	324.12	1.003	325.10
4	VT-108-55	23885.0	9.84	9.95	1.12%	9.90	20.20	20.10	20.15	2.036	310.60	1.003	311.51
5	VT-110-55	26794.0	9.90	9.91	0.10%	9.91	20.10	20.00	20.05	2.024	347.73	1.002	348.40
6	VT-112-55	26540.0	9.87	9.88	0.10%	9.88	20.10	20.10	20.10	2.035	346.53	1.003	347.51
7	VT-114-55	28503.0	9.92	9.92	0.00%	9.92	20.00	20.20	20.10	2.026	368.79	1.002	369.56
8	VT-116-55	28122.0	9.87	9.87	0.00%	9.87	20.10	20.10	20.10	2.036	367.55	1.003	368.63
9	VT-118-55	28354.0	9.90	9.90	0.00%	9.90	20.20	20.10	20.15	2.035	368.34	1.003	369.39
10	VT-120-55	26522.0	9.94	9.95	0.10%	9.95	20.00	20.00	20.00	2.011	341.43	1.001	341.74
11	VT-122-55	29572.0	9.99	10.00	0.08%	9.99	20.10	20.10	20.10	2.011	376.97	1.001	377.31
12	VT-124-55	27316.0	9.89	9.90	0.10%	9.90	20.00	20.10	20.05	2.026	355.22	1.002	355.97
13	VT-126-55	28718.0	9.93	9.94	0.10%	9.94	20.00	20.00	20.00	2.013	370.45	1.001	370.84
14	VT-128-55	27797.0	9.95	9.97	0.20%	9.96	20.00	20.00	20.00	2.008	356.77	1.001	357.00
15	VT-130-55	26531.0	9.99	10.10	1.10%	10.05	20.10	20.10	20.10	2.001	334.78	1.000	334.81
16	VT-132-55	27676.0	9.99	10.10	1.10%	10.05	20.10	20.10	20.10	2.001	349.23	1.000	349.26
17	VT-134-55	27975.0	9.90	9.91	0.10%	9.91	20.30	20.30	20.30	2.049	363.05	1.004	364.49
18	VT-136-55	23920.0	9.87	9.88	0.10%	9.88	20.10	20.00	20.05	2.030	312.32	1.002	313.08
19	VT-138-55	23963.0	9.88	9.90	0.20%	9.89	20.10	20.10	20.10	2.032	311.93	1.003	312.74
20	VT-140-55	27024.0	9.94	9.96	0.20%	9.95	20.00	20.00	20.00	2.010	347.55	1.001	347.83
21	VT-142-55	25933.0	9.92	9.91	0.10%	9.92	20.10	20.00	20.05	2.022	335.87	1.002	336.47
22	VT-144-55	28674.0	9.93	9.85	0.81%	9.89	20.40	20.20	20.30	2.053	373.26	1.004	374.83
23	VT-146-55	23908.0	9.88	9.90	0.20%	9.89	19.90	20.00	19.95	2.017	311.22	1.001	311.64
24	VT-148-55	26270.0	9.93	9.91	0.20%	9.92	19.80	19.90	19.85	2.001	339.90	1.000	339.92
25	VT-150-55	26271.0	9.92	9.94	0.20%	9.93	20.00	20.00	20.00	2.014	339.23	1.001	339.61
26	VT-152-55	26073.0	9.96	9.99	0.30%	9.98	20.00	19.90	19.95	2.000	333.64	1.000	333.64
27	VT-154-55	25498.0	9.95	9.97	0.20%	9.96	20.10	20.10	20.10	2.018	327.26	1.001	327.74
28	VT-156-55	28729.0	9.94	9.94	0.04%	9.94	20.20	20.10	20.15	2.028	370.37	1.002	371.18
29	VT-158-55	24177.0	9.92	9.97	0.50%	9.95	19.90	20.00	19.95	2.006	311.25	1.000	311.40
30	VT-160-55	24648.0	9.93	9.90	0.30%	9.92	19.90	19.90	19.90	2.007	319.23	1.001	319.41
31	VT-162-55	26497.0	9.90	9.91	0.10%	9.91	20.10	20.10	20.10	2.029	343.87	1.002	344.68
32	VT-164-55	24943.0	9.91	9.92	0.10%	9.92	20.10	20.10	20.10	2.027	323.05	1.002	323.76
33	VT-166-55	24745.0	9.90	9.90	0.00%	9.90	20.10	20.20	20.15	2.035	321.46	1.003	322.37

Fuente: Elaboración propia

### 6.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

6.3.1. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c=0.45

Con el diseño de mezcla se elaboran muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8", se curan en pozas de concreto dentro de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales y se ensayan a los 7 días a compresión, se seleccionan 33 de cada tipo y se realiza la comparación.

Cuadro N° 52. Comparación de resistencias a/c=0.45, 7 días

ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"
1	253.88	261.58	12	275.53	274.37	23	284.66	297.52
2	254.11	262.42	13	276.91	275.56	24	285.80	298.02
3	259.70	264.32	14	277.99	278.07	25	286.47	299.52
4	262.74	264.62	15	280.23	279.20	26	286.94	301.11
5	266.79	265.72	16	280.68	279.26	27	288.79	303.44
6	267.21	268.36	17	281.35	280.10	28	289.79	306.44
7	268.07	268.49	18	281.54	280.93	29	290.15	307.28
8	272.17	269.86	19	282.40	281.70	30	290.51	307.72
9	273.89	271.49	20	283.46	283.02	31	291.62	308.17
10	274.40	272.54	21	284.22	290.42	32	293.35	308.29
11	274.94	273.41	22	284.65	293.10	33	295.16	309.03

PROM F'c (kg/cm2) 6"x12" = 278.79  
 PROM F'c (kg/cm2) 4"x8" = 284.40

Fuente: Elaboración propia

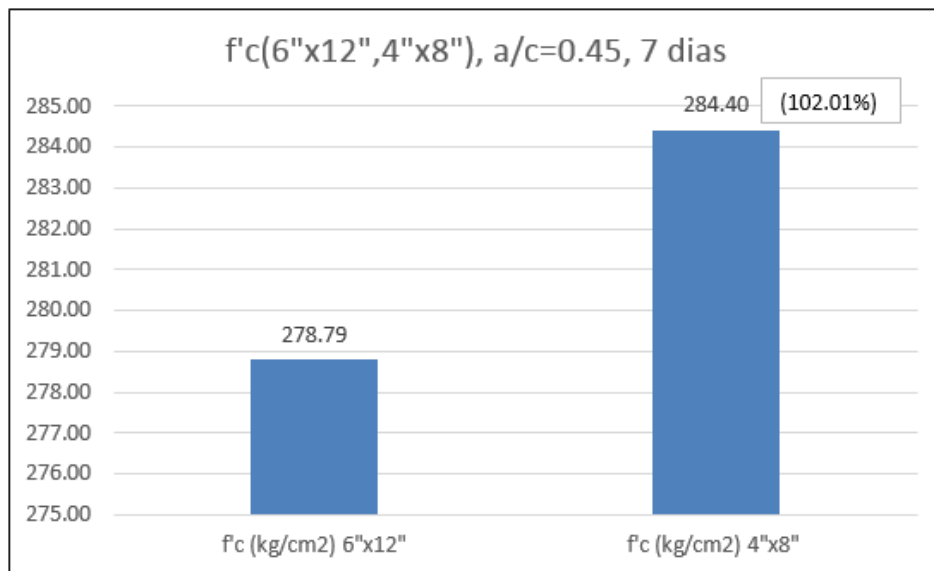


Figura N° 12. Comparación de resistencias a/c=0.45, 7 días, (6"x12", 4"x8")

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura N°12 los resultados del promedio de las resistencias a compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una relación a/c=0.45 a una edad de 7 días. Se observa que la resistencia en las probetas de 6"x12" tiene una resistencia promedio mayor a las de 4"x8".

6.3.2. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c=0.50

Con el diseño de mezcla se elaboran muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8", se curan en pozas de concreto dentro de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales y se ensayan a los 7 días a compresión, se seleccionan 33 de cada tipo y se realiza la comparación.

Cuadro N° 53. Comparación de resistencias a/c=0.50, 7 días

ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"
1	247.27	255.13	12	259.49	280.24	23	268.59	290.46
2	247.42	261.86	13	260.56	281.17	24	268.89	292.72
3	248.99	267.26	14	261.40	281.76	25	268.99	294.96
4	250.83	269.19	15	261.89	283.70	26	270.48	296.46
5	250.87	269.44	16	265.29	285.54	27	275.16	296.64
6	251.35	269.93	17	265.29	285.55	28	275.40	297.72
7	256.54	271.57	18	265.43	286.87	29	277.21	299.08
8	257.43	272.20	19	265.99	287.13	30	278.45	303.92
9	257.75	272.97	20	266.30	288.67	31	281.58	304.62
10	257.87	278.96	21	268.05	288.78	32	285.53	306.06
11	258.46	279.90	22	268.37	289.43	33	286.73	307.00

PROM F'c (kg/cm2) 6"x12" = 264.54

PROM F'c (kg/cm2) 4"x8" = 284.75

Fuente: Elaboración propia

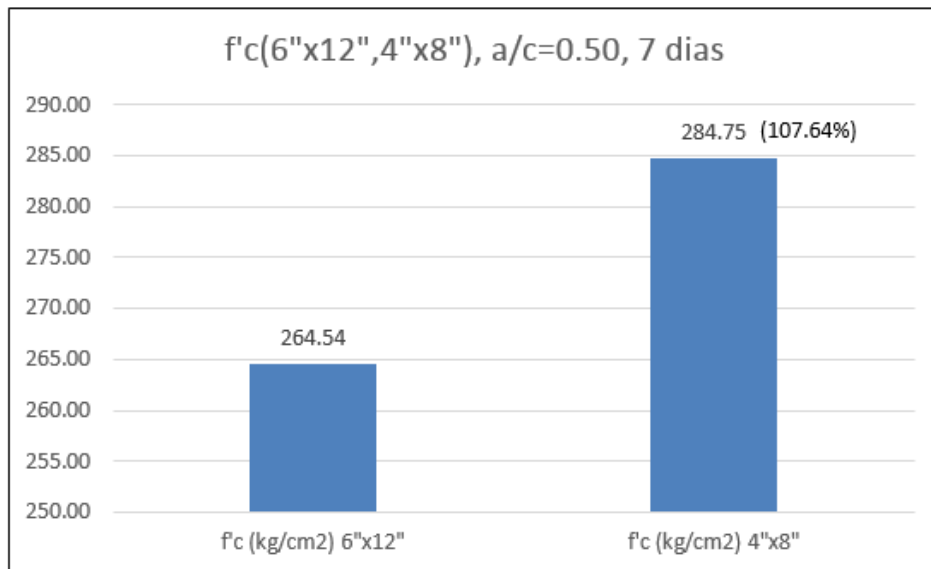


Figura N° 13. Comparación de resistencias a/c=0.50, 7 días, (6"x12", 4"x8")

Fuente: Elaboración propia



Se muestra en la figura N°13 los resultados del promedio de las resistencias a compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una relación a/c=0.50 a una edad de 7 días. Se observa que la resistencia en las probetas de 6"x12" tiene una resistencia promedio mayor a las de 4"x8".

6.3.3. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 7 días para la relación a/c=0.55

Con el diseño de mezcla se elaboran muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8", se curan en pozas de concreto dentro de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales y se ensayan a los 7 días a compresión, se seleccionan 33 de cada tipo y se realiza la comparación.

Cuadro N° 54. Comparación de resistencias a/c=0.55, 7 días

ITEM	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 6"x12"	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 6"x12"	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 6"x12"	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 4"x8"
1	191.21	200.46	12	207.54	218.89	23	218.50	230.04
2	193.38	201.28	13	207.99	219.27	24	219.87	233.02
3	193.40	201.96	14	208.77	219.34	25	220.66	234.29
4	193.76	203.11	15	209.08	221.74	26	220.99	234.37
5	194.43	205.87	16	209.58	223.31	27	222.55	234.82
6	200.43	206.92	17	209.93	223.72	28	223.52	236.94
7	201.96	209.11	18	211.07	224.63	29	224.63	237.26
8	203.28	209.24	19	211.82	225.18	30	226.32	238.43
9	205.06	213.33	20	212.13	225.50	31	226.89	247.68
10	205.60	217.46	21	214.47	227.49	32	229.12	248.38
11	206.77	218.18	22	215.06	229.32	33	229.77	248.45

PROM F'c (kg/cm<sup>2</sup>) 6"x12" = 211.20  
 PROM F'c (kg/cm<sup>2</sup>) 4"x8" = 223.30

Fuente: Elaboración propia

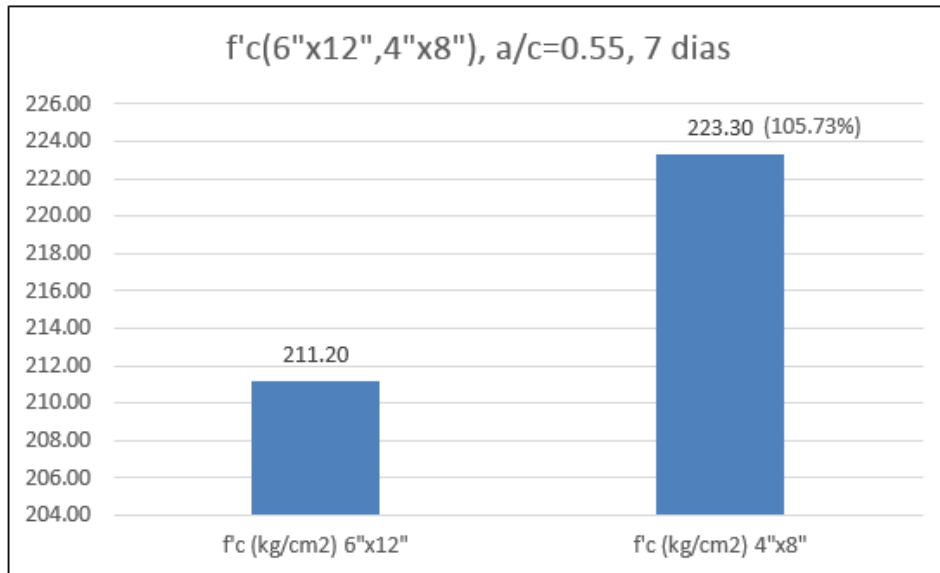


Figura N° 14. Comparación de resistencias a/c=0.55, 7 días, (6"x12", 4"x8")

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura N°14 los resultados del promedio de las resistencias a compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una relación a/c=0.55 a una edad de 7 días. Se observa que la resistencia en las probetas de 6"x12" tiene una resistencia promedio mayor a las de 4"x8".

#### 6.3.4. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c=0.45

Con el diseño de mezcla se elaboran muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8", se curan en pozas de concreto dentro de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales y se ensayan a los 28 días a compresión, se seleccionan 33 de cada tipo y se realiza la comparación.

Cuadro N° 55. Comparación de resistencias a/c=0.45, 28 días

ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"
1	362.04	387.76	12	381.81	411.77	23	397.10	435.02
2	362.21	388.05	13	384.68	419.46	24	399.99	435.20
3	363.46	390.97	14	385.58	420.41	25	400.03	438.63
4	364.47	392.20	15	386.35	421.17	26	400.35	438.96
5	364.82	392.71	16	386.42	421.28	27	403.35	442.18
6	366.75	396.62	17	387.04	425.92	28	404.49	446.23
7	375.39	398.01	18	389.71	428.26	29	411.39	447.75
8	375.73	398.83	19	391.70	429.99	30	412.52	449.28
9	377.05	399.33	20	393.85	430.20	31	412.55	451.61
10	380.88	399.88	21	394.99	432.99	32	412.89	454.14
11	381.03	401.06	22	395.84	434.19	33	416.50	457.52

PROM F'c (kg/cm2) 6"x12" = 388.57  
 PROM F'c (kg/cm2) 4"x8" = 421.74

Fuente: Elaboración propia

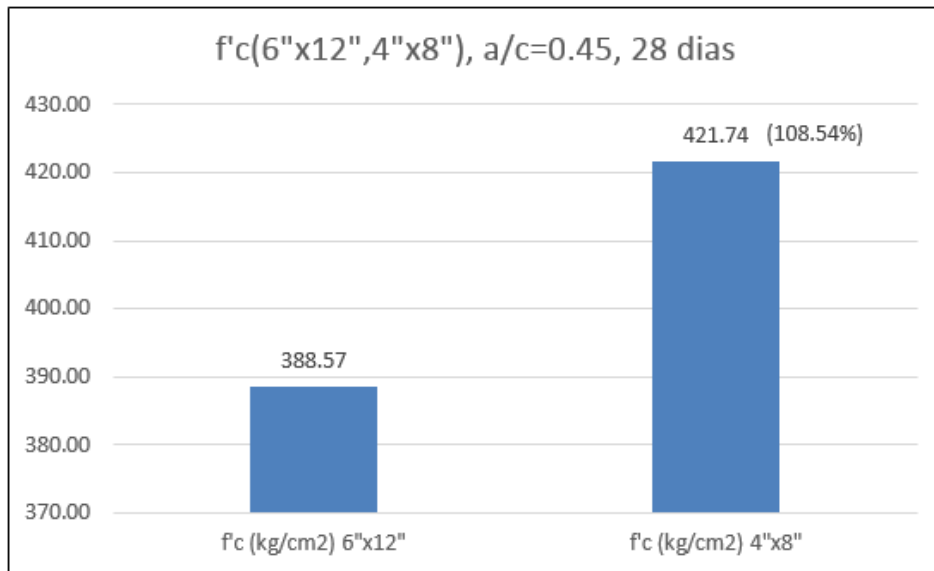


Figura N° 15. Comparación de resistencias a/c=0.45, 28 días, (6"x12", 4"x8")

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura N°15 los resultados del promedio de las resistencias a compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una relación a/c=0.45 a una edad de 28 días. Se observa que la resistencia en las probetas de 6"x12" tiene una resistencia promedio mayor a las de 4"x8".

6.3.5. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c=0.50

Con el diseño de mezcla se elaboran muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8", se curan en pozas de concreto dentro de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales y se ensayan a los 28 días a compresión, se seleccionan 33 de cada tipo y se realiza la comparación.

Cuadro N° 56. Comparación de resistencias a/c=0.50, 28 días

ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm2) 6"x12"	F'c (kg/cm2) 4"x8"
1	356.72	360.63	12	371.52	385.70	23	382.96	399.14
2	359.66	365.37	13	371.75	388.29	24	383.13	399.44
3	360.50	366.06	14	372.52	390.44	25	383.59	399.61
4	362.54	367.08	15	373.42	392.52	26	386.40	400.68
5	363.83	371.82	16	376.40	392.93	27	386.85	402.26
6	364.25	376.29	17	378.70	394.13	28	389.31	402.94
7	364.29	379.10	18	379.50	394.80	29	389.95	403.99
8	365.80	381.55	19	380.46	395.18	30	390.35	405.61
9	368.63	382.58	20	381.06	396.05	31	390.82	406.11
10	369.55	383.55	21	382.12	397.10	32	391.05	407.90
11	370.83	384.52	22	382.14	398.67	33	392.88	408.09

PROM F'c (kg/cm2) 6"x12" = 376.47

PROM F'c (kg/cm2) 4"x8" = 390.31

Fuente: Elaboración propia

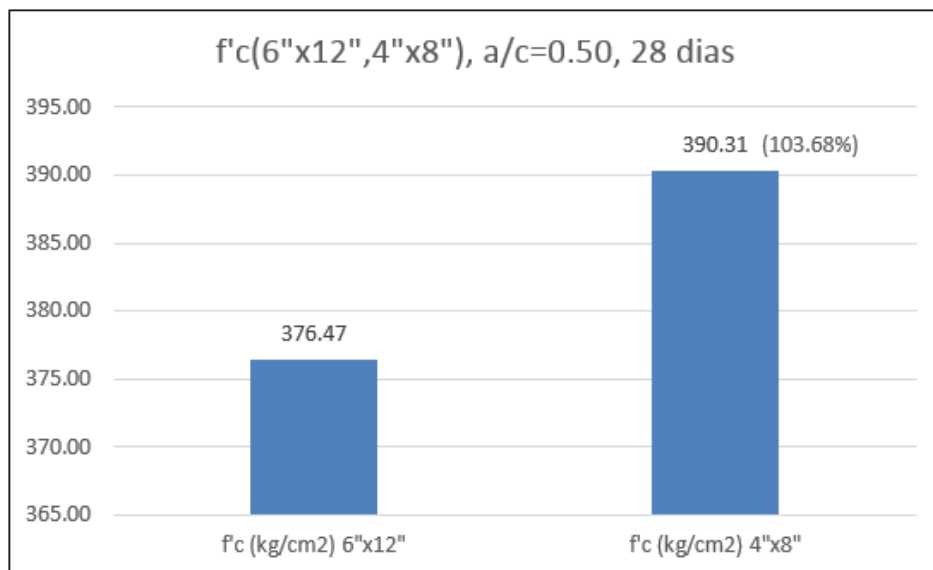


Figura N° 16. Comparación de resistencias a/c=0.50, 28 días, (6"x12", 4"x8")

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura N°16 los resultados del promedio de las resistencias a compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una relación a/c=0.50 a una edad de 28 días. Se observa que la resistencia en las probetas de 6"x12" tiene una resistencia promedio mayor a las de 4"x8".

6.3.6. Comparación de resultados de resistencia a la compresión a los 28 días para la relación a/c=0.55

Con el diseño de mezcla se elaboran muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8", se curan en pozas de concreto dentro de las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales y se ensayan a los 28 días a compresión, se seleccionan 33 de cada tipo y se realiza la comparación.

Cuadro N° 57. Comparación de resistencias a/c=0.55, 28 días

ITEM	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 6"x12"	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 6"x12"	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 4"x8"	ITEM	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 6"x12"	F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) 4"x8"
1	296.66	311.40	12	315.61	334.81	23	337.55	355.97
2	297.41	311.51	13	319.52	336.47	24	340.27	357.00
3	297.79	311.64	14	320.73	339.61	25	342.14	359.31
4	298.60	312.74	15	322.86	339.92	26	349.10	364.49
5	305.09	313.08	16	324.98	341.74	27	350.43	368.63
6	305.42	319.41	17	326.61	344.22	28	350.47	369.39
7	308.97	322.37	18	326.98	344.68	29	352.43	369.56
8	311.53	323.76	19	333.27	347.51	30	354.01	370.84
9	312.04	325.10	20	333.41	347.83	31	355.63	371.18
10	313.79	327.74	21	333.55	348.40	32	356.94	374.83
11	314.05	333.64	22	336.79	349.26	33	357.49	377.31

PROM F'c (kg/cm<sup>2</sup>) 6"x12" = 327.34  
 PROM F'c (kg/cm<sup>2</sup>) 4"x8" = 343.19

Fuente: Elaboración propia

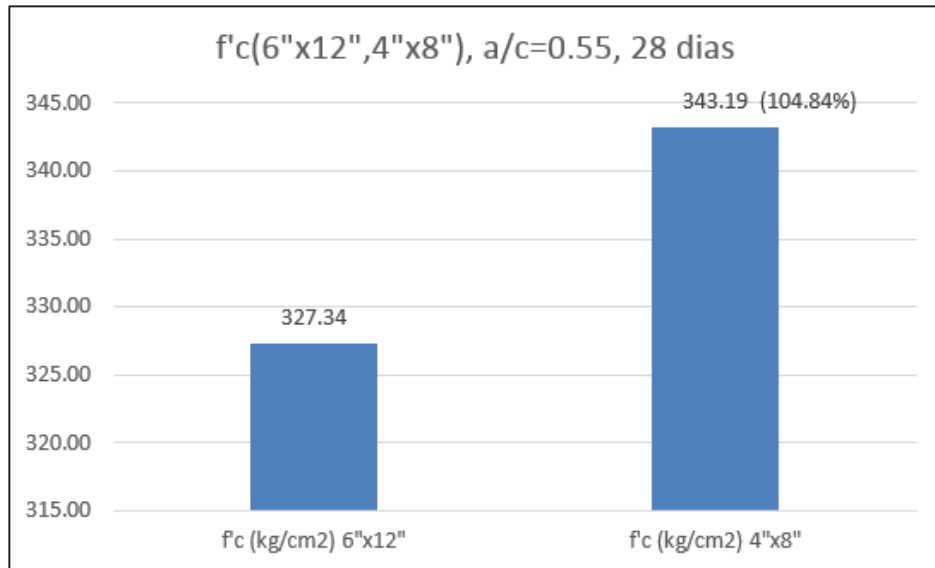


Figura N° 17. Comparación de resistencias a/c=0.55, 28 días, (6"x12", 4"x8")

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura N°17 los resultados del promedio de las resistencias a compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una relación a/c=0.55 a una edad de 28 días. Se observa que la resistencia en las probetas de 6"x12" tiene una resistencia promedio mayor a las de 4"x8".

**CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS****7.1. CORRELACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

7.1.1. Correlación de resistencia a compresión de muestras cilíndricas 4"x8" y 6"x12" y para la relación agua cemento  $a/c=0.45$

Para la relación agua cemento  $a/c=0.45$  y edad de muestras de 28 días, se seleccionaron 33 valores de resistencia a la compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y de igual manera, 33 valores para muestras cilíndricas de 4"x8". Se tabulan de menor a mayor y se elabora el diagrama de dispersión, que como se observa en la figura N°18, es del tipo lineal.

*Cuadro N° 58. Resistencias a la compresión  $a/c=0.45$ , 28 días,  $F_c$  (6"x12", 4"x8")*

ORDENADOS								
F'c (kg/cm2)			F'c (kg/cm2)			F'c (kg/cm2)		
ITEM	6X12	4X8	ITEM	6X12	4X8	ITEM	6X12	4X8
1	362.04	387.76	12	381.81	411.77	23	397.10	435.02
2	362.21	388.05	13	384.68	419.46	24	399.99	435.20
3	363.46	390.97	14	385.58	420.41	25	400.03	438.63
4	364.47	392.20	15	386.35	421.17	26	400.35	438.96
5	364.82	392.71	16	386.42	421.28	27	403.35	442.18
6	366.75	396.62	17	387.04	425.92	28	404.49	446.23
7	375.39	398.01	18	389.71	428.26	29	411.39	447.75
8	375.73	398.83	19	391.70	429.99	30	412.52	449.28
9	377.05	399.33	20	393.85	430.20	31	412.55	451.61
10	380.88	399.88	21	394.99	432.99	32	412.89	454.14
11	381.03	401.06	22	395.84	434.19	33	416.50	457.52

*Fuente: Elaboración propia*

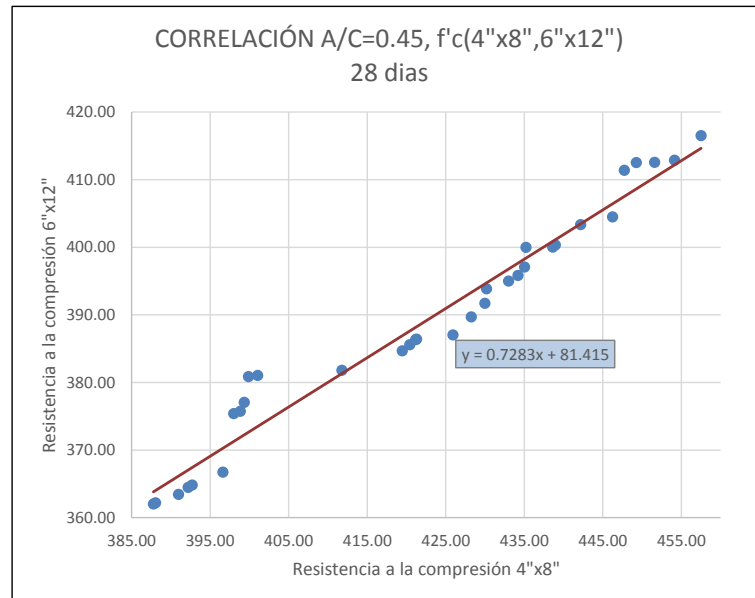


Figura N° 18. Diagrama de dispersión  $F'c(4"x8",6"x12")$ ,  $a/c=0.45$ , 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se observa una correlación lineal entre las resistencias obtenidas a los 28 días para la comparación de resultados de muestras cilíndricas de 4"x8" versus 6"x12". La relación entre los valores queda representado por la siguiente ecuación lineal:

$$F'c(6"x12") = 0.7283 * F'c(4"x8") + 81.415$$

#### 7.1.2. Correlación de resistencia a compresión de muestras cilíndricas 4"x8" y 6"x12" para la relación agua cemento $a/c=0.50$

Para la relación agua cemento  $a/c=0.50$  y edad de muestras de 28 días, se seleccionaron 33 valores de resistencia a la compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y de igual manera, 33 valores para muestras cilíndricas de 4"x8". Se tabulan de menor a mayor y se elabora el diagrama de dispersión, que como se observa en la figura N°19, es del tipo lineal.



Cuadro N° 59. Resistencias a la compresión a/c=0.50, 28 días, F'c (6"x12, 4"x8")

ORDENADOS								
F'c (kg/cm2)			F'c (kg/cm2)			F'c (kg/cm2)		
ITEM	6X12	4X8	ITEM	6X12	4X8	ITEM	6X12	4X8
1	356.72	360.63	12	371.52	385.70	23	382.96	399.14
2	359.66	365.37	13	371.75	388.29	24	383.13	399.44
3	360.50	366.06	14	372.52	390.44	25	383.59	399.61
4	362.54	367.08	15	373.42	392.52	26	386.40	400.68
5	363.83	371.82	16	376.40	392.93	27	386.85	402.26
6	364.25	376.29	17	378.70	394.13	28	389.31	402.94
7	364.29	379.10	18	379.50	394.80	29	389.95	403.99
8	365.80	381.55	19	380.46	395.18	30	390.35	405.61
9	368.63	382.58	20	381.06	396.05	31	390.82	406.11
10	369.55	383.55	21	382.12	397.10	32	391.05	407.90
11	370.83	384.52	22	382.14	398.67	33	392.88	408.09

Fuente: Elaboración propia

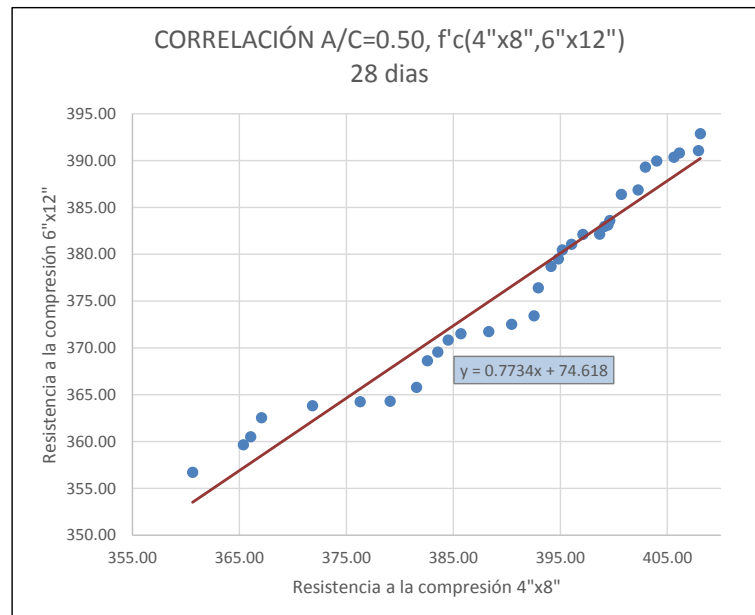


Figura N° 19. Diagrama de dispersión F'c (4"x8",6"x12"), a/c=0.50, 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se observa una correlación lineal entre las resistencias obtenidas a los 28 días para la comparación de resultados de muestras cilíndricas de 4"x8" versus 6"x12". La relación entre los valores queda representado por la siguiente ecuación lineal:

$$F'c(6"x12") = 0.7734 * F'c(4"x8") + 74.618$$

7.1.3. Correlación de resistencia a compresión de muestras cilíndricas 4"x8" y 6"x12" para la relación agua cemento a/c=0.55

Para la relación agua cemento a/c=0.55 y edad de muestras de 28 días, se seleccionaron 33 valores de resistencia a la compresión para muestras cilíndricas de 6"x12" y de igual manera, 33 valores para muestras cilíndricas de 4"x8". Se tabulan de menor a mayor y se elabora el diagrama de dispersión, que como se observa en la figura N°20, es del tipo lineal.

Cuadro N° 60. Resistencias a la compresión a/c=0.55, 28 días, F'c (6"x12", 4"x8")

ORDENADOS								
F'c (kg/cm2)			F'c (kg/cm2)			F'c (kg/cm2)		
ITEM	6X12	4X8	ITEM	6X12	4X8	ITEM	6X12	4X8
1	296.66	311.40	12	315.61	334.81	23	337.55	355.97
2	297.41	311.51	13	319.52	336.47	24	340.27	357.00
3	297.79	311.64	14	320.73	339.61	25	342.14	359.31
4	298.60	312.74	15	322.86	339.92	26	349.10	364.49
5	305.09	313.08	16	324.98	341.74	27	350.43	368.63
6	305.42	319.41	17	326.61	344.22	28	350.47	369.39
7	308.97	322.37	18	326.98	344.68	29	352.43	369.56
8	311.53	323.76	19	333.27	347.51	30	354.01	370.84
9	312.04	325.10	20	333.41	347.83	31	355.63	371.18
10	313.79	327.74	21	333.55	348.40	32	356.94	374.83
11	314.05	333.64	22	336.79	349.26	33	357.49	377.31

Fuente: Elaboración propia

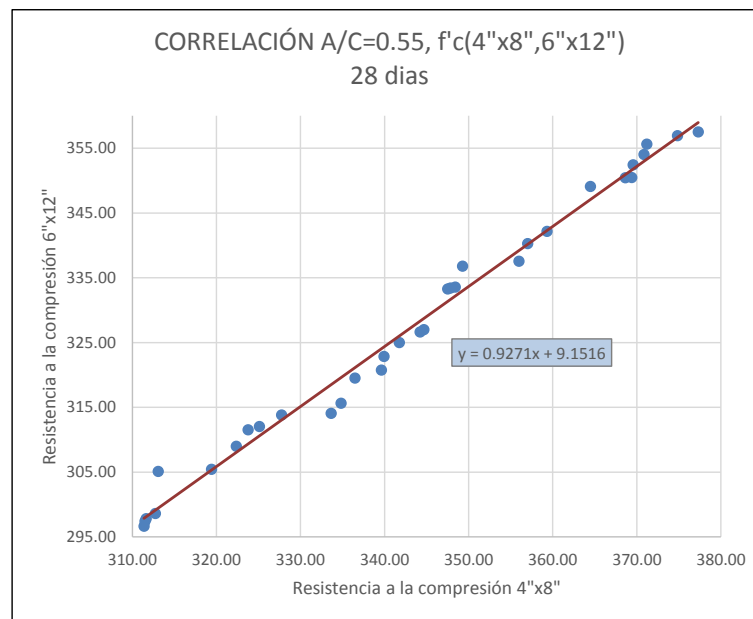


Figura N° 20. Diagrama de dispersión F'c (4"x8",6"x12"), a/c=0.55, 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se observa una correlación lineal entre las resistencias obtenidas a los 28 días para la comparación de resultados de muestras cilíndricas de 4"x8" versus 6"x12". La relación entre los valores queda representado por la siguiente ecuación lineal:

$$F'c(6"x12") = 0.9271 * F'c(4"x8") + 9.1516$$

#### 7.1.4. Requisitos para la existencia de correlación lineal

Se cumplieron, para las tres relaciones agua cemento (a/c=0.45, 0.50 y 0.55) los tres requisitos:

- La muestra de datos (F'c (6"x12"); F'c (4"x8")) es una muestra aleatoria de datos medidos: las resistencias a la compresión a los 28 días.
- Al realizar un examen visual del diagrama de dispersión se observa que los puntos se acercan a un patrón cercano a una línea recta.
- Se eliminaron valores extremos que pudieron alterar nuestros resultados.

El cálculo del coeficiente de correlación normal se realizó a través de la siguiente formula:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \times \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

##### 7.1.4.1. Existencia de correlación lineal para la relación a/c=0.45

Se tienen los valores tabulados para el cálculo del coeficiente de correlación producto de momento de Pearson.

Cuadro N° 61. Determinación del coeficiente de correlación de Pearson a/c=0.45

ITEM	F'c(4"x8") X	F'c(6"x12") Y	XY	XX	YY
1	387.76	362.04	140383.32	150355.64	131072.41
2	388.05	362.21	140556.36	150583.20	131197.18
3	390.97	363.46	142098.98	152854.84	132099.97
4	392.20	364.47	142944.84	153817.45	132840.76
5	392.71	364.82	143267.80	154223.32	133090.51
6	396.62	366.75	145460.60	157308.60	134504.95
7	398.01	375.39	149406.89	158409.75	140915.69
8	398.83	375.73	149852.87	159063.21	141175.84
9	399.33	377.05	150569.79	159465.59	142170.24
10	399.88	380.88	152305.51	159900.87	145070.93
11	401.06	381.03	152814.91	160845.27	145185.47
12	411.77	381.81	157218.30	169551.92	145781.85
13	419.46	384.68	161356.38	175945.19	147977.23

ITEM	F'c(4"x8") X	F'c(6"x12") Y	XY	XX	YY
14	420.41	385.58	162100.36	176745.96	148668.33
15	421.17	386.35	162717.69	177381.37	149266.22
16	421.28	386.42	162788.70	177473.75	149318.76
17	425.92	387.04	164848.92	181409.72	149799.95
18	428.26	389.71	166895.16	183404.10	151872.25
19	429.99	391.70	168428.49	184894.05	153429.25
20	430.20	393.85	169434.35	185068.51	155120.94
21	432.99	394.99	171026.79	187476.51	156020.41
22	434.19	395.84	171871.09	188524.57	156688.71
23	435.02	397.10	172745.91	189245.01	157685.27
24	435.20	399.99	174076.09	189400.84	159991.30
25	438.63	400.03	175466.15	192400.46	160022.32
26	438.96	400.35	175735.74	192684.59	160277.73
27	442.18	403.35	178353.71	195520.14	162694.46
28	446.23	404.49	180495.43	199123.23	163610.25
29	447.75	411.39	184200.29	200481.51	169241.27
30	449.28	412.52	185337.46	201850.31	170175.49
31	451.61	412.55	186311.01	203947.22	170199.88
32	454.14	412.89	187509.32	206245.75	170475.00
33	457.52	416.50	190559.14	209328.53	173472.71
	13917.56	12822.96	5419138.34	5884930.99	4991113.55
	$\Sigma X$	$\Sigma Y$	$\Sigma XY$	$\Sigma XX$	$\Sigma YY$

Fuente: Elaboración propia

Se tiene entonces:

$$R = 0.9801$$

Según la clasificación del grado de correlación, expresada en el cuadro N°7, se tiene que la correlación es Excelente.

#### 7.1.4.2. Existencia de correlación lineal para la relación a/c=0.50

Se tienen los valores tabulados para el cálculo del coeficiente de correlación producto de momento de Pearson.

Cuadro N° 62. Determinación del coeficiente de correlación de Pearson a/c=0.50

ITEM	F'c(4"x8") X	F'c(6"x12") Y	XY	XX	YY
1	360.63	356.72	128643.05	130054.78	127246.66
2	365.37	359.66	131408.23	133493.04	129355.98
3	366.06	360.50	131963.82	133997.32	129961.18
4	367.08	362.54	133081.14	134747.24	131435.65
5	371.82	363.83	135278.27	138251.11	132369.36
6	376.29	364.25	137063.57	141591.04	132680.87

ITEM	F'c(4"x8") X	F'c(6"x12") Y	XY	XX	YY
7	379.10	364.29	138101.28	143713.82	132707.94
8	381.55	365.80	139570.61	145583.34	133806.22
9	382.58	368.63	141031.76	146366.36	135891.58
10	383.55	369.55	141738.21	147107.52	136564.87
11	384.52	370.83	142588.72	147853.70	137511.23
12	385.70	371.52	143296.07	148763.67	138029.42
13	388.29	371.75	144347.32	150770.14	138198.12
14	390.44	372.52	145443.70	152439.91	138768.58
15	392.52	373.42	146577.17	154075.55	139443.72
16	392.93	376.40	147901.52	154397.41	141678.93
17	394.13	378.70	149255.37	155335.27	143413.45
18	394.80	379.50	149827.83	155865.71	144023.84
19	395.18	380.46	150349.75	156167.80	144748.45
20	396.05	381.06	150917.15	156855.90	145203.26
21	397.10	382.12	151740.53	157689.12	146016.34
22	398.67	382.14	152347.31	158935.25	146032.44
23	399.14	382.96	152852.26	159309.08	146657.13
24	399.44	383.13	153034.43	159548.68	146786.16
25	399.61	383.59	153286.99	159690.53	147140.23
26	400.68	386.40	154823.72	160546.89	149304.57
27	402.26	386.85	155615.43	161812.56	149655.63
28	402.94	389.31	156871.44	162364.05	151564.64
29	403.99	389.95	157536.82	163210.98	152059.92
30	405.61	390.35	158332.17	164521.87	152375.34
31	406.11	390.82	158718.06	164928.65	152741.33
32	407.90	391.05	159510.19	166380.90	152923.20
33	408.09	392.88	160328.01	166534.91	154352.45
	12880.12	12423.48	4853381.93	5032904.11	4680648.70
	$\Sigma X$	$\Sigma Y$	$\Sigma XY$	$\Sigma XX$	$\Sigma YY$

Fuente: Elaboración propia

Se tiene entonces:

$$R = 0.9751$$

Según la clasificación del grado de correlación, expresada en el cuadro N°7, se tiene que la correlación es Excelente.

#### 7.1.4.3. Existencia de correlación lineal para la relación a/c=0.55

Se tienen los valores tabulados para el cálculo del coeficiente de correlación producto de momento de Pearson.

Cuadro N° 63. Determinación del coeficiente de correlación de Pearson  $a/c=0.55$

ITEM	F'c(4"x8") X	F'c(6"x12") Y	XY	XX	YY
1	311.40	296.66	92377.76	96967.24	88005.51
2	311.51	297.41	92644.03	97035.79	88451.03
3	311.64	297.79	92805.70	97121.45	88681.73
4	312.74	298.60	93384.79	97805.41	89163.98
5	313.08	305.09	95515.91	98017.27	93078.37
6	319.41	305.42	97554.98	102024.19	93281.53
7	322.37	308.97	99601.42	103922.01	95460.46
8	323.76	311.53	100861.21	104818.25	97053.55
9	325.10	312.04	101443.41	105687.05	97370.17
10	327.74	313.79	102841.84	107411.31	98466.76
11	333.64	314.05	104778.85	111314.22	98627.18
12	334.81	315.61	105669.01	112097.75	99608.97
13	336.47	319.52	107508.93	113212.75	102092.47
14	339.61	320.73	108922.37	115333.53	102867.59
15	339.92	322.86	109748.70	115548.35	104240.16
16	341.74	324.98	111059.08	116783.60	105615.16
17	344.22	326.61	112424.00	118487.32	106670.96
18	344.68	326.98	112704.01	118803.11	106918.04
19	347.51	333.27	115813.57	120762.75	111067.21
20	347.83	333.41	115969.32	120983.25	111163.19
21	348.40	333.55	116210.88	121383.45	111258.72
22	349.26	336.79	117625.85	121982.15	113425.13
23	355.97	337.55	120155.13	126711.25	113938.22
24	357.00	340.27	121476.53	127449.08	115783.87
25	359.31	342.14	122935.15	129102.45	117062.46
26	364.49	349.10	127243.60	132853.58	121870.52
27	368.63	350.43	129176.61	135886.04	122798.47
28	369.39	350.47	129460.20	136446.15	122831.94
29	369.56	352.43	130245.63	136575.88	124208.78
30	370.84	354.01	131279.32	137520.01	125321.84
31	371.18	355.63	132002.74	137777.72	126469.82
32	374.83	356.94	133789.52	140493.91	127405.08
33	377.31	357.49	134887.22	142364.80	127802.39
	11325.31	10802.13	3720117.28	3900683.05	3548061.26
	$\Sigma X$	$\Sigma Y$	$\Sigma XY$	$\Sigma XX$	$\Sigma YY$

Fuente: Elaboración propia

Se tiene entonces:

$$R = 0.9942$$

Según la clasificación del grado de correlación, expresada en el cuadro N°7, se tiene que la correlación es Excelente.

7.1.5. Media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación

Se tabulan los datos de resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas de 6"x12" y 4"x8" para una edad de 28 días y relaciones agua cemento a/c=0.45, 0.50 y 0.55.

Cuadro N° 64. Media, desviación estándar y coeficiente de variación

a/c	TIPO	PROM	S	CV
0.45	6"x12"	388.57	16.24	4.18
	4"x8"	421.74	21.85	5.18
0.50	6"x12"	376.47	10.59	2.81
	4"x8"	390.31	13.36	3.42
0.55	6"x12"	327.34	19.46	5.95
	4"x8"	343.19	20.87	6.08

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 65. Estándares de control del concreto  $F'c < 350 \text{ kg/cm}^2$

ESTÁNDARES DE CONTROL DEL CONCRETO PARA $F'c < 350 \text{ kg/cm}^2$					
DESVIACIÓN ESTÁNDAR					
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 14.06 kg/cm <sup>2</sup>	14.06 a 17.57 kg/cm <sup>2</sup>	17.57 a 21.09 kg/cm <sup>2</sup>	21.09 a 24.60 kg/cm <sup>2</sup>	Por encima de 24.60 kg/cm <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE VARIACIÓN					
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 2.0%	2.0% a 3.0%	3.0% a 4.0%	4.0% a 5.0%	Por encima de 5.0%

Fuente: Tabla 4.3. ACI 214 RS-11

Cuadro N° 66. Estándares de control del concreto  $F'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$

ESTÁNDARES DE CONTROL DEL CONCRETO PARA $F'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$					
COEFICIENTE DE VARIACIÓN					
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 3.5%	3.5% a 4.5%	4.5% a 5.0%	5.0 a 7.0%	Por encima de 7.0%

Fuente: Tabla 4.4. ACI 214 RS-11

Se observa:

- Para la relación a/c=0.45, muestras cilíndricas de 6"x12", el estándar de control indica una calidad de "muy buena".
- Para la relación a/c=0.45, muestras cilíndricas de 4"x8", el estándar de control indica una calidad de "regular".

- Para la relación  $a/c=0.50$ , muestras cilíndricas de 6"x12", el estándar de control indica una calidad de "excelente".
- Para la relación  $a/c=0.50$ , muestras cilíndricas de 4"x8", el estándar de control indica una calidad de "excelente".
- Para la relación  $a/c=0.55$ , muestras cilíndricas de 6"x12", el estándar de control indica una calidad de "buena".
- Para la relación  $a/c=0.55$ , muestras cilíndricas de 4"x8", el estándar de control indica una calidad de "buena".

#### 7.1.6. Prueba formal de existencia de correlación

Se tiene el estadístico de student de la forma:

$$t = \frac{R}{\sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}}}$$

Dónde:

R: correlación normal de Pearson.

N: tamaño de la muestra.

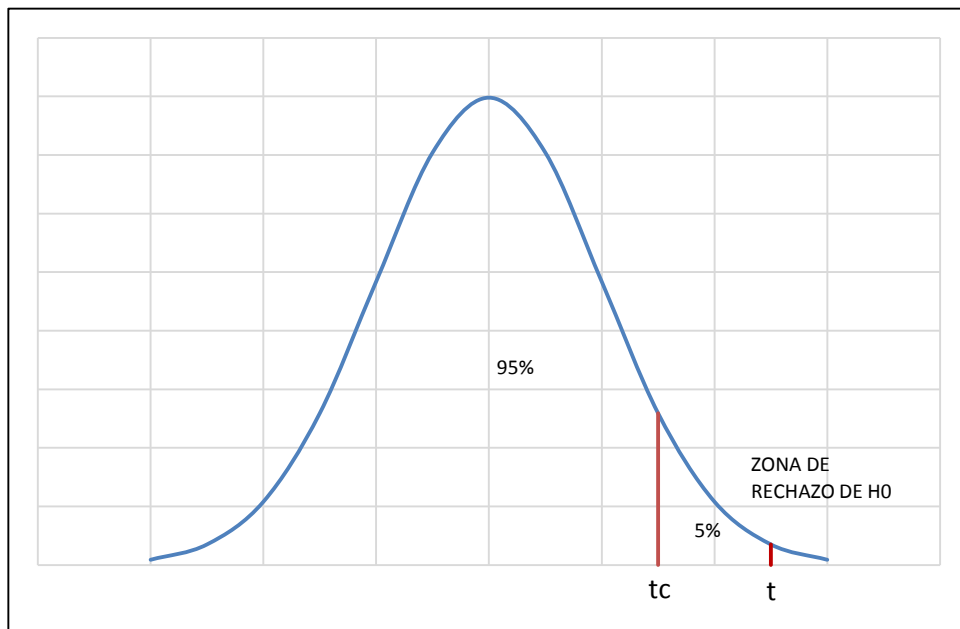


Figura N° 21. Interpretación gráfica de existencia de correlación

Fuente: Elaboración propia



#### 7.1.6.1. Prueba T-Student para la relación $a/c=0.45$

Para la relación agua cemento  $a/c=0.45$  se tienen los siguientes valores:

$$R = 0.9801$$

$$n = 33$$

Resultando:

$$t = 27.490$$

Del cuadro N°8, para una significancia de 5%, se tiene el valor crítico:

$$t_c = 0.321 < 27.490$$

Es así que se observa que estadísticamente el valor de  $F'c(4"x8")$  es mayor que el valor de  $F'c(6"x12")$ .

#### 7.1.6.2. Prueba T-Student para la relación $a/c=0.50$

Para la relación agua cemento  $a/c=0.50$  se tienen los siguientes valores:

$$R = 0.9751$$

$$n = 33$$

Resultando:

$$t = 24.481$$

Del cuadro N°8, para una significancia de 5%, se tiene el valor crítico:

$$t_c = 0.321 < 24.481$$

Es así que se observa que estadísticamente el valor de  $F'c(4"x8")$  es mayor que el valor de  $F'c(6"x12")$ .

#### 7.1.6.3. Prueba T-Student para la relación $a/c=0.55$

Para la relación agua cemento  $a/c=0.55$  se tienen los siguientes valores:

$$R = 0.9942$$

$$n = 33$$

Resultando:

$$t = 51.470$$

Del cuadro N°8, para una significancia de 5%, se tiene el valor crítico:

$$t_c = 0.321 < 51.470$$

Es así que se observa que estadísticamente el valor de  $F'c(4"x8")$  es mayor que el valor de  $F'c(6"x12")$ .

## 7.2. COMPARACION DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES Y NTP 339.034

### 7.2.1. Comparación de correlaciones

En el presente estudio se obtuvieron, para las relaciones  $a/c=0.45$ ,  $0.50$  y  $0.55$ , las correlaciones  $R=0.9801$ ,  $R=0.9751$  y  $R=0.9942$ . Se observa que los valores de  $R$  están en el rango de  $0.975$  a  $0.999$ . Mientras que en Moro (2015) para las relaciones  $a/c=0.55$ ,  $0.65$  y  $0.75$ , las correlaciones se tienen  $R=0.994$ ,  $R=0.997$  y  $R=0.995$ . Se observa que los valores de  $R$  están en el rango de  $0.994$  a  $0.998$ .

En todos los casos se observa que la correlación es del grado Excelente y con valores muy próximos entre ellos.

### 7.2.2. Comparación de desviaciones estándar

En el presente estudio se obtuvieron las desviaciones estándar:

$A/C=0.45$ 4"x8": $S=21.85$	$A/C=0.45$ 6"x12": $S=16.24$
$A/C=0.50$ 4"x8": $S=13.36$	$A/C=0.45$ 6"x12": $S=10.59$
$A/C=0.55$ 4"x8": $S=20.87$	$A/C=0.45$ 6"x12": $S=19.46$

Aguirre (2018) obtiene los siguientes valores de desviación estándar:

$A/C=0.40$ 4"x8": $S=18.06$	$A/C=0.40$ 6"x12": $S=13.22$
$A/C=0.50$ 4"x8": $S=13.87$	$A/C=0.50$ 6"x12": $S=5.37$
$A/C=0.60$ 4"x8": $S=11.91$	$A/C=0.60$ 6"x12": $S=6.94$

Se observa que los valores de desviación obtenidos en el presente estudio van en los rangos de  $10.25$  a  $22.00$  mientras que en la investigación de Aguirre (2018) van en los rangos de  $5.25$  a  $18.25$ .

### 7.2.3. Comparación de coeficientes de variación

En el presente estudio se obtuvieron los coeficientes de variación:

$A/C=0.45$ 4"x8": $CV=5.18$	$A/C=0.45$ 6"x12": $CV=4.18$
$A/C=0.50$ 4"x8": $CV=3.42$	$A/C=0.45$ 6"x12": $CV=2.81$
$A/C=0.55$ 4"x8": $CV=6.08$	$A/C=0.45$ 6"x12": $CV=5.95$

La NTP 339.034 indica los siguientes valores del coeficiente de variación:

Probetas 6"x12" en condiciones de laboratorio Rango Aceptable < 7.8%.

Probetas 4"x8" en condiciones de laboratorio Rango Aceptable < 10.6%

Se observa que tanto para las probetas cilíndricas de 4"x8" y 6"x12" los coeficientes de variación se encuentran dentro de los rangos aceptables.

## CONCLUSIONES

Se ha cumplido con el objetivo general de la presente tesis, el cual es demostrar que la resistencia a la compresión de una misma mezcla con cemento Tipo V y para las relaciones agua cemento  $a/c=0.45$ ,  $0.50$  y  $0.55$ , nos resulta en valores distintos de resistencia a la compresión para muestras cilíndricas de  $4''\times 8''$  y  $6''\times 12''$ , y que dichos valores se relacionan a través de una correlación.

Se comprobó que existe una correlación lineal entre las resistencias a la compresión entre los dos tipos de tamaños de muestras cilíndricas, muestras diseñadas, ejecutadas y ensayadas durante la elaboración de la presente tesis para cada una de estas relaciones agua cemento.

Los ensayos necesarios para el diseño de mezcla por el método del agregado global, ensayos en concreto fresco y ensayos en concreto endurecido, así como la elaboración de las muestras cilíndricas se han realizado íntegramente en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

- Se realizó la prueba T-Student para el análisis de los valores de resistencia a compresión de las muestras cilíndricas de  $4''\times 8''$  y  $6''\times 12''$  para las relaciones agua cemento  $a/c=0.45$ ,  $0.50$  y  $0.55$ ; se determina que los valores estudiados se han determinado probabilísticamente con una confianza de 95%.
- Se comprobó la existencia de una correlación del tipo lineal, cuyos coeficientes de correlación normal de Pearson varían de  $0.97$  a  $0.99$ , los cuales clasifican los resultados como excelentes.
- Se evaluaron los resultados de resistencia a la compresión con base en la publicación ACI 214 RS-11, mediante la cual se obtienen rangos aceptables para las tres relaciones  $a/c$  usadas.
- Se determina que existe una correlación lineal de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de  $4''\times 8''$  y  $6''\times 12''$ , para las relaciones agua cemento usadas en la presente investigación, las cuales relacionan las resistencias entre los dos tamaños de muestra a través de fórmulas obtenidas a través de regresiones lineales. Los valores estuvieron entre  $0.975$  y  $0.994$ .
- Se determina que la resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas de  $4''\times 8''$  versus la resistencia de las muestras de  $6''\times 12''$ , para una relación

$a/c=0.45$ ,  $0.50$  y  $0.55$ , presentan en promedio una diferencia a los 28 días de  $33.17 \text{ kg/cm}^2$ ,  $13.84 \text{ kg/cm}^2$  y  $15.85 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente.

- Se observó que los ensayos de consistencia realizados resultan para un  $a/c=0.45$ ,  $0.50$  y  $0.55$  valores en el rango de  $6''-7''$ . La variación de los valores de asentamiento respecto al diseño patrón se debe a la variabilidad de las variables ambientales (temperatura ambiente), se realizaron correcciones por humedad cada 3 días.
- Se observaron valores de exudación en porcentaje que resultan en los rangos de  $0.80\%$  y  $1.40\%$ ; también para volumen de exudación por superficie en rangos de  $0.055 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$  y  $0.090 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ .
- Se observaron valores de peso unitario del concreto en estado fresco en un rango de  $2200$  a  $2290 \text{ kg/m}^3$ .
- Se observaron tiempos de fraguado inicial en rangos de  $300$  a  $550 \text{ min}$ .
- Se observaron porcentajes de fluidez en rangos de  $40.00$  a  $50.00\%$ .
- Para el diseño de mezclas usado en la elaboración de las muestras cilíndricas, se plantea el uso del método del agregado global debido a que los agregados finos y agregados gruesos no cumplen con los husos granulométricos planteados en la NTP 400.037; permitiendo el método del agregado global trabajar con la combinación de agregados de manera que estos cumplen con los husos granulométricos del agregado global de la NTP 400.037.
- Se recomienda realizar el análisis de correlación para los diferentes tipos de cemento que existen en el mercado, además de las diferentes dosificaciones agua cemento, se evidencia una variación marcada de la resistencia a la compresión en las muestras cilíndricas de  $4''\times 8''$  versus  $6''\times 12''$ .

## RECOMENDACIONES

- Para concretos de mediana a alta resistencia se plantea la utilización de las fórmulas de relación de la presente tesis para realizar una corrección a los valores de las muestras cilíndricas de 4"x8". Se presentan, a continuación, tabulaciones de valores estándar con la respectiva corrección al valor de la resistencia a la compresión.

A/C = 0.45		A/C = 0.50		A/C = 0.55	
F'c(4"x8") ENSAYADO (kg/cm2)	F'c(4"x8") CORREGIDO (kg/cm2)	F'c(4"x8") ENSAYADO (kg/cm2)	F'c(4"x8") CORREGIDO (kg/cm2)	F'c(4"x8") ENSAYADO (kg/cm2)	F'c(4"x8") CORREGIDO (kg/cm2)
--	--	--	--	240	231.66
--	--	270	283.44	270	259.47
300	299.91	300	306.64	300	287.28
330	321.75	330	329.84	330	315.09
360	343.60	360	353.04	360	342.91
390	365.45	390	376.24	390	370.72
420	387.30	420	399.45	420	398.53
450	409.15	450	422.65	450	426.35
480	431.00	480	445.85	480	454.16
510	452.85	510	469.05	510	481.97
540	474.70	540	492.25	540	509.79

- Se recomienda realizar correcciones por humedad a los agregados en intervalos diarios, para así evitar la variación de los resultados finales de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto; en la presente tesis se realizó correcciones de humedad cada 3 días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- American Society for Testing and Materials. (2008) ASTM C 31/C 31M-08<sup>a</sup> Preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra. West Conshohocken, PA 19428, USA.
- American Concrete Institute, ACI 214 RS-11, Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto; Detroit 2011.
- American Society for Testing and Materials. (2001) ASTM C-33-01<sup>a</sup>: Especificaciones normalizadas de agregados para concreto. West Conshohocken, PA 19428, USA.
- Barboza, E. – Gallardo R. (1997) Comparación de resultados de resistencias a compresión del hormigón empleando cilindros de dimensiones no estandarizadas. Ingeniería e Investigación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. Colombia.
- Cachay, R. (1995). Diseño de mezclas – Método del agregado global y módulo de finura para concretos de mediana a alta resistencia, (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- INACAL. (2021) NTP 339.034:2021. CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Comité de agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado-INACAL, Lima, Perú.
- Kosmatka, Steven H., Kerkhoff, B., Panarese, William C., Tanesi, Jussana. (2004) Diseño y control de mezclas de concreto. Portland Cement Association, Illinois, EE.UU.
- Moro, P. (2015) Determinación del factor de relación de Resultados en ensayos de resistencias en probetas de concreto estándar de 6"x12" y 4"x8" con Cemento portland tipo I (sol), (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Peña Castillo, C. M., & Solís Távora, F. A. (2019). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup>, utilizando cementos Pacasmayo, Mochica e Inka en la ciudad de Piura.

- Riva E. (1992). Diseño de Mezclas, Libro personal, Lima, Perú.
- Triola, Mario F. (2009) Estadística, Décima Edición, Naucalpan de Juárez, México.

## ANEXOS

ANEXO A: ENSAYOS DE AGREGADOS

ANEXO B: ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO

ANEXO C: ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

ANEXO D: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO E: CERTIFICADO DE LABORATORIO



## ANEXO A: ENSAYOS DE AGREGADOS

### A.1. Granulometría

#### A.1.1. Agregado fino

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO					
TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RET. (g)	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA
1/2"	12.5				100.00
3/8"	9.5				100.00
N° 4	4.75	78.4	13.07	13.07	86.93
N° 8	2.36	176.6	29.43	42.50	57.50
N° 16	1.18	143.8	23.97	66.47	33.53
N° 30	0.6	99.1	16.52	82.98	17.02
N° 50	0.3	63.2	10.53	93.52	6.48
N° 100	0.15	27.3	4.55	98.07	1.93
FONDO		11.6	1.93	100.00	0.00
TOTAL		600			

#### A.1.2. Agregado grueso

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO					
TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RET. (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA
1 1/2"	40				100.00
1"	25	253.80	2.31	2.31	97.69
3/4"	20	5701.80	51.83	54.14	45.86
1/2"	12.5	4268.20	38.80	92.93	7.07
3/8"	9.5	741.00	6.74	99.67	0.33
N° 4	4.75	7.40	0.07	99.74	0.26
FONDO		28.90	0.26	100.00	0.00
TOTAL		11001.1			

A.1.3. Agregado global

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL											
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% RET. ARENA	% RET. PIEDRA	% RET. A (50.1%)	% RET. P (49.9%)	% RET. TOTAL	% RET. ACUM.	% ACUM. QUE PASA	HUSO 1 1/2"		
									LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
2"	50.00	---	---	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	
1 1/2"	37.50	---	---	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	95	100	
1"	25.00	---	2.31	0.00	1.15	1.15	1.15	98.85	60	90	
3/4"	19.00	---	51.83	0.00	25.86	25.86	27.01	72.99	45	80	
1/2"	12.50	---	38.80	0.00	19.36	19.36	46.37	53.63	35	68	
3/8"	9.50	---	6.74	0.00	3.36	3.36	49.74	50.26	30	58	
N° 4	4.75	13.07	0.07	6.55	0.03	6.58	56.32	43.68	25	50	
N° 8	2.36	29.43	0.26	14.75	0.13	14.88	71.19	28.81	20	45	
N° 16	1.18	23.97	---	12.01	0.00	12.01	83.20	16.80	14	38	
N° 30	0.60	16.52	---	8.27	0.00	8.27	91.47	8.53	8	30	
N° 50	0.30	10.53	---	5.28	0.00	5.28	96.75	3.25	3	20	
N° 100	0.15	4.55	---	2.28	0.00	2.28	99.03	0.97	0	8	
FONDO	0.00	1.93	---	0.97	0.00	0.97	100.00	0.00			
TOTAL											49.9

## A.2. Módulo de fineza

### A.2.1. Agregado fino

<b>MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO</b>	
$MF = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(6''+3''+1\ 1/2''+3/4''+3/8''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$	
MF =	3.97

### A.2.2. Agregado grueso

<b>MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO GRUESO</b>	
$MF = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(6''+3''+1\ 1/2''+3/4''+3/8''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$	
MF =	7.54

### A.2.3. Agregado global

<b>MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO GLOBAL</b>	
$MF = \frac{\sum \%retenido\ acumulado(6''+3''+1\ 1/2''+3/4''+3/8''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$	
MF =	5.75

## A.3. Peso unitario

### A.3.1. Peso unitario suelto (PUS) del agregado fino

<b>PESO UNITARIO SUELTO (PUS) AGREGADO FINO</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	5.48
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	1.57
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	3.90
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.0028
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1394</b>

### A.3.2. Peso unitario compactado (PUC) del agregado fino

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO FINO</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	5.93
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	1.57
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	4.36
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.0028
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1557</b>

A.3.3. Peso unitario suelto (PUS) del agregado grueso

<b>PESO UNITARIO SUELTO (PUS) AGREGADO GRUESO</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	17.27
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	12.93
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.0094
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1376</b>

A.3.4. Peso unitario compactado (PUC) del agregado grueso

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO GRUESO</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	18.72
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	14.38
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.0094
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1530</b>

A.3.5. Peso unitario compactado (PUC) del agregado global

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO GLOBAL AL 44% DE ARENA</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	21.59
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	17.25
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.00944
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1827.3</b>

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO GLOBAL AL 47% DE ARENA</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	21.63
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	17.29
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.00944
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1831.6</b>

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO GLOBAL AL 50% DE ARENA</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	21.84
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	17.5
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.00944
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1853.8</b>

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO GLOBAL AL 53% DE ARENA</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	21.71
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	17.37
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.00944
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1840.0</b>

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) AGREGADO GLOBAL AL 57% DE ARENA</b>	
Peso de la muestra + Recipiente (kg) <b>(A)</b>	21.64
Peso del recipiente (kg) <b>(B)</b>	4.34
Peso de la muestra (kg) <b>(A-B)</b>	17.3
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> ) <b>(V)</b>	0.00944
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> ) <b>(A-B)/V</b>	<b>1832.6</b>

#### A.4. Peso específico y absorción

##### A.4.1. Peso específico y absorción del agregado fino

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b>	
Peso de la arena superficialmente seca	500.1
Peso de la arena S.S.S. + peso de fiola + peso de agua	1004.1
Peso de fiola	204.8
Peso del agua <b>(W)</b>	299.2
Peso de la arena seca al horno <b>(A)</b>	492.1
Volumen del balón <b>(V)</b>	500.0
Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> ) <b>A/(V-W)</b>	2.45
Peso específico de masa superficialmente seco (g/cm <sup>3</sup> ) <b>500/(V-W)</b>	2.49
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> ) <b>A/(V-W)-(500-A)</b>	2.55
Porcentaje de absorción (%) <b>(500-A)*100/A</b>	1.61

##### A.4.2. Peso específico y absorción del agregado grueso

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>	
Peso de la muestra secada al horno <b>(A)</b>	3961.5
Peso de la muestra saturada superficialmente seca <b>(B)</b>	4000.0
Peso de la muestra saturada en agua <b>(C)</b>	2530.1
Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> ) <b>A/(B-C)</b>	2.70
Peso específico de masa superficialmente seco (g/cm <sup>3</sup> ) <b>B/(B-C)</b>	2.72
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> ) <b>A/(A-C)</b>	2.77
Porcentaje de absorción (%) <b>(B-A)*100/A</b>	0.97

## A.5. Contenido de humedad

### A.5.1. Contenido de humedad del agregado fino

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>	
Peso de la muestra en estado ambiental (g) ( <b>Wh</b> )	500.0
Peso de la muestra secada al horno (g) ( <b>Ws</b> )	496.6
Peso del agua perdida (g) ( <b>Wh-Ws</b> )	3.4
Contenido de humedad (%) ( <b>Wh-Ws</b> )/ <b>Ws</b>	0.68

### A.5.2. Contenido de humedad del agregado grueso

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>	
Peso de la muestra en estado ambiental (g) ( <b>Wh</b> )	4000.0
Peso de la muestra secada al horno (g) ( <b>Ws</b> )	3996.2
Peso del agua perdida (g) ( <b>Wh-Ws</b> )	3.8
Contenido de humedad (%) ( <b>Wh-Ws</b> )/ <b>Ws</b>	0.10

## ANEXO B: ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### B.1. Consistencia

<b>RELACIÓN a/c</b>	<b>ASENTAMIENTO (cm)</b>	<b>ASENTAMIENTO (pulg)</b>
0.45	13.35	6 1/4
0.50	15.85	6 1/4
0.55	16.50	6 1/2

### B.2. Exudación

#### B.2.1. Exudación para la relación a/c=0.45

<b>HORA (h:min)</b>	<b>TIEMPO PARCIAL (min)</b>	<b>TIEMPO ACUMULADO (min)</b>	<b>VOLUMEN AGUA (ml)</b>	<b>VOLUMEN ACUMULADO (ml)</b>
09:38	0	0	0.00	0.00
09:48	10	10	0.20	0.20
09:58	10	20	0.50	0.70
10:08	10	30	0.90	1.60
10:18	10	40	2.80	4.40
10:48	30	70	10.30	14.70
11:18	30	100	3.80	18.50
11:48	30	130	0.10	18.60
12:18	30	160	0.00	18.60

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Ve	VOLUMEN DE EXUDACIÓN ACUMULADO (cm <sup>3</sup> )	18.60
A	ÁREA DE LA SECCIÓN DE CONCRETO (cm <sup>2</sup> )	314.2
W	PESO TOTAL DE LA TANDA DE MEZCLA (kg)	89.93
w	CANTIDAD DE AGUA USADA EN LA MEZCLA (g)	9636
B	PESO BALDE (kg)	5.85
BM	PESO BALDE (kg) + PESO MEZCLA (kg)	25.25
S	PESO DE LA MEZCLA EN EL RECIPIENTE (kg)	19.4
C	PESO DE AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (kg)	2078.71
D	PESO TOTAL DE AGUA DE EXUDACIÓN (g)	18.6
V	VOL. DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.059
E	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)	0.89

B.2.2. Exudación para la relación a/c=0.50

HORA (h:min)	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN AGUA (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:29	0	0	0.00	0.00
09:39	10	10	0.05	0.05
09:49	10	20	0.20	0.25
09:59	10	30	3.00	3.25
10:09	10	40	6.00	9.25
10:39	30	70	8.80	18.05
11:09	30	100	2.20	20.25
11:39	30	130	0.20	20.45
12:09	30	160	0.00	20.45

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Ve	VOLUMEN DE EXUDACIÓN ACUMULADO (cm <sup>3</sup> )	20.45
A	ÁREA DE LA SECCIÓN DE CONCRETO (cm <sup>2</sup> )	314.2
W	PESO TOTAL DE LA TANDA DE MEZCLA (kg)	89.56
w	CANTIDAD DE AGUA USADA EN LA MEZCLA (g)	9633
B	PESO BALDE (kg)	5.85
BM	PESO BALDE (kg) + PESO MEZCLA (kg)	25.99
S	PESO DE LA MEZCLA EN EL RECIPIENTE (kg)	20.14
C	PESO DE AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (kg)	2166.24
D	PESO TOTAL DE AGUA DE EXUDACIÓN (g)	20.5
V	VOL. DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.065
E	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)	0.94

### B.2.3. Exudación para la relación a/c=0.55

HORA (h:min)	TIEMPO PARCIAL	TIEMPO ACUMULADO	VOLUMEN AGUA	VOLUMEN ACUMULADO
08:54	0	0	0.00	0.00
09:04	10	10	2.20	2.20
09:14	10	20	3.50	5.70
09:24	10	30	4.00	9.70
09:34	10	40	4.20	13.90
10:04	30	70	11.80	25.70
10:34	30	100	2.00	27.70
11:04	30	130	0.00	27.70

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Ve	VOLUMEN DE EXUDACIÓN ACUMULADO (cm <sup>3</sup> )	27.70
A	ÁREA DE LA SECCIÓN DE CONCRETO (cm <sup>2</sup> )	314.2
W	PESO TOTAL DE LA TANDA DE MEZCLA (kg)	89.25
w	CANTIDAD DE AGUA USADA EN LA MEZCLA (g)	9631
B	PESO BALDE (kg)	5.66
BM	PESO BALDE (kg) + PESO MEZCLA (kg)	24.72
S	PESO DE LA MEZCLA EN EL RECIPIENTE (kg)	19.06
C	PESO DE AGUA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (kg)	2056.77
D	PESO TOTAL DE AGUA DE EXUDACIÓN (g)	27.7
V	VOL. DE EXUDACIÓN POR SUPERFICIE (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	0.088
E	PORCENTAJE DE EXUDACIÓN (%)	1.35

### B.3. Fluidez del concreto

RELACIÓN A/C	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	Dp (cm)	PORCENTAJE DE FLUIDEZ F (%)
0.45	36.0	36.5	36.0	37.0	36.4	45.50%
0.50	35.5	37.0	38.0	36.5	36.8	47.00%
0.55	34.0	36.0	37.5	35.0	35.6	42.50%

### B.4. Peso unitario del concreto

#### B.4.1. Peso unitario para la relación a/c=0.45

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
A	PESO DEL MOLDE (kg)	5.85
B	PESO DEL MOLDE (kg)+PESO DE AGREGADO (kg)	27.34
C	VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.009438948
A-B	PESO DEL AGREGADO (kg)	21.49
(A-B)/C	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	2276.74



B.4.2. Peso unitario para la relación a/c=0.50

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
A	PESO DEL MOLDE (kg)	5.85
B	PESO DEL MOLDE (kg)+PESO DE AGREGADO (kg)	27.45
C	VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.009438948
A-B	PESO DEL AGREGADO (kg)	21.6
(A-B)/C	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	2288.39

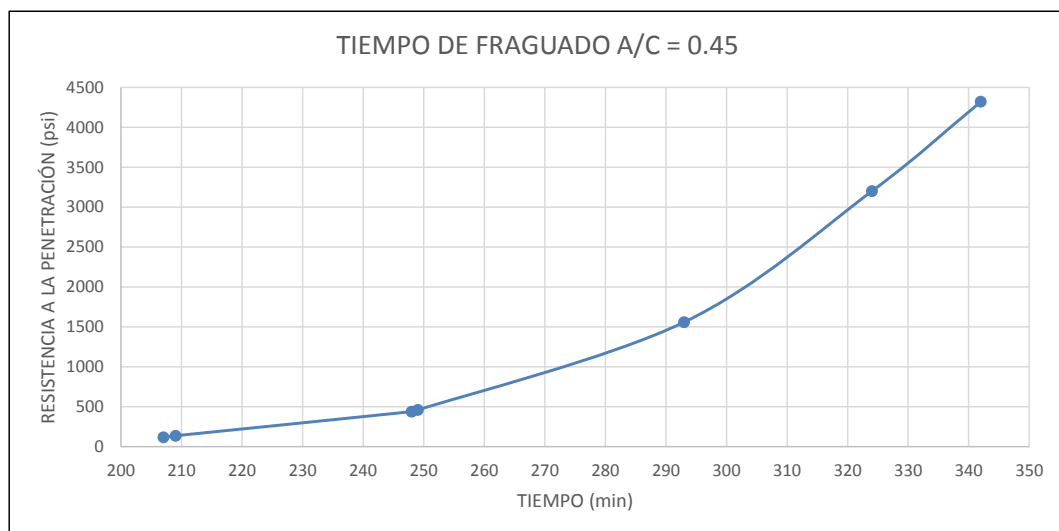
B.4.3. Peso unitario para la relación a/c=0.55

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
A	PESO DEL MOLDE (kg)	5.85
B	PESO DEL MOLDE (kg)+PESO DE AGREGADO (kg)	26.72
C	VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.009438948
A-B	PESO DEL AGREGADO (kg)	20.87
(A-B)/C	PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	2211.05

B.5. Tiempo de fraguado

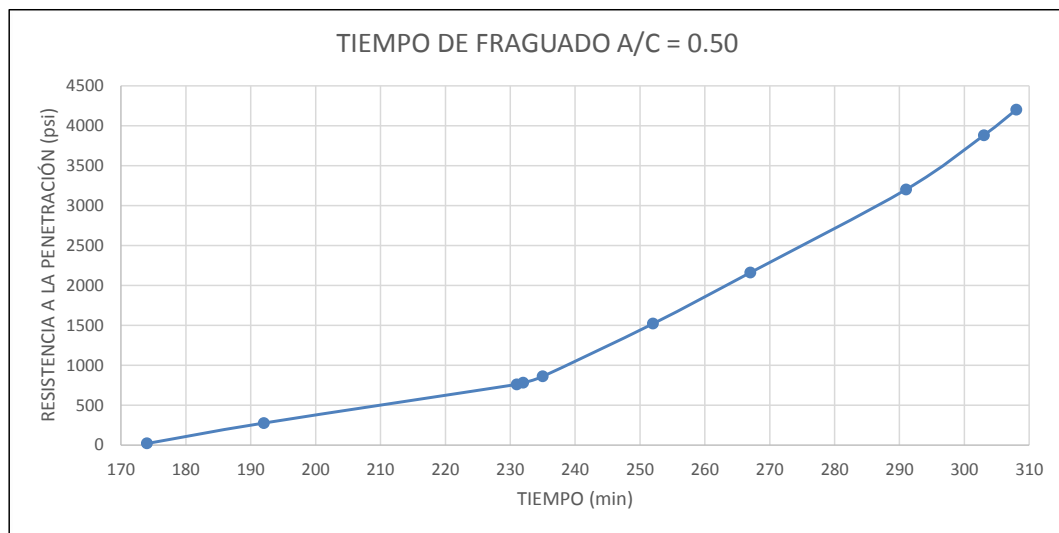
B.5.1. Tiempo de fraguado para la relación a/c=0.45

HORA (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	FUERZA (libras)	AGUJA N°	ÁREA AGUJA (pulg2)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
09:23							
12:50	03:27	207	207	120	1	1.000	120
12:52	00:02	2	209	69	2	0.500	138
13:31	00:39	39	248	110	3	0.250	440
13:32	00:01	1	249	46	4	0.100	460
14:16	00:44	44	293	78	5	0.050	1560
14:47	00:31	31	324	80	6	0.025	3200
15:05	00:18	18	342	108	6	0.025	4320



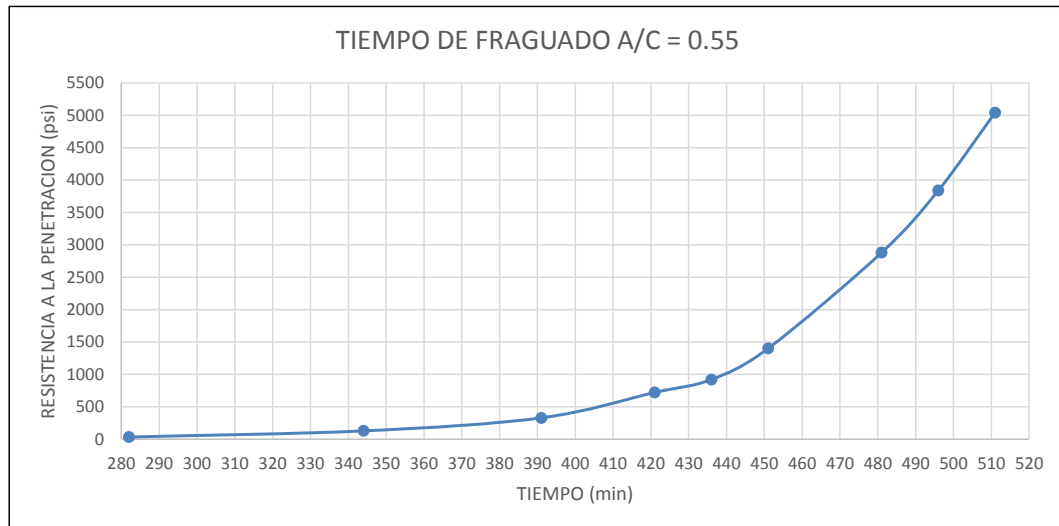
B.5.2. Tiempo de fraguado para la relación a/c=0.50

HORA (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	FUERZA (libras)	AGUJA N°	ÁREA AGUJA (pulg2)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
09:09							
12:03	02:54	174	174	20	1	1.000	20
13:21	01:18	18	192	138	2	0.500	276
14:00	00:39	39	231	190	3	0.250	760
14:01	00:01	1	232	78	4	0.100	780
14:04	00:03	3	235	43	5	0.050	860
14:21	00:17	17	252	38	6	0.025	1520
14:36	00:15	15	267	54	6	0.025	2160
15:00	00:24	24	291	80	6	0.025	3200
15:12	00:12	12	303	97	6	0.025	3880
15:17	00:05	5	308	105	6	0.025	4200



B.5.3. Tiempo de fraguado para la relación a/c=0.55

HORA (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (h:min)	TIEMPO ABSOLUTO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	FUERZA (libras)	AGUJA N°	ÁREA AGUJA (pulg2)	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (psi)
08:29							
13:11	04:42	282	282	32	1	1.000	32
14:13	01:02	62	344	127	1	1.000	127
15:00	00:47	47	391	164	2	0.500	328
15:30	00:30	30	421	180	3	0.250	720
15:45	00:15	15	436	92	4	0.100	920
16:00	00:15	15	451	70	5	0.050	1400
16:30	00:30	30	481	72	6	0.025	2880
16:45	00:15	15	496	96	6	0.025	3840
17:00	00:15	15	511	126	6	0.025	5040



## ANEXO C: ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

### C.1. Resistencia a la compresión a/c=0.45, 7 días, muestras de 6"x12"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
VR-001-45	51246.4	15.21	15.27	0.39%	15.24	30.10	29.90	30.00	1.969	280.93	0.997	280.23
VR-003-45	49140.4	15.20	15.10	0.66%	15.15	30.10	29.90	30.00	1.980	272.60	0.998	272.17
VR-005-45	51453.8	15.16	15.16	0.00%	15.16	30.10	30.00	30.05	1.982	285.06	0.999	284.65
VR-007-45	50528.4	15.01	15.00	0.07%	15.01	30.00	30.10	30.05	2.003	285.74	1.000	285.80
VR-010-45	51615.3	15.20	15.16	0.26%	15.18	30.00	30.00	30.00	1.976	285.20	0.998	284.66
VR-012-45	51477.4	15.16	15.18	0.13%	15.17	29.90	30.00	29.95	1.974	284.81	0.998	284.22
VR-013-45	50066.4	15.19	15.23	0.26%	15.21	30.00	30.00	30.00	1.972	275.55	0.998	274.94
VR-015-45	53014.8	15.19	15.21	0.13%	15.20	30.00	30.10	30.05	1.977	292.16	0.998	291.62
VR-017-45	46777.8	15.14	15.13	0.07%	15.14	30.10	30.00	30.05	1.985	260.01	0.999	259.70
VR-019-45	51082.5	15.15	15.23	0.53%	15.19	30.20	30.10	30.15	1.985	281.88	0.999	281.54
VR-021-45	52925.9	15.18	15.25	0.46%	15.22	30.10	30.00	30.05	1.975	291.09	0.998	290.51
VR-023-45	51521.8	15.13	15.26	0.86%	15.20	30.00	29.90	29.95	1.971	284.12	0.998	283.46
VR-025-45	50029.6	15.15	15.31	1.06%	15.23	30.00	29.90	29.95	1.967	274.62	0.997	273.89
VR-027-45	50662.3	15.27	15.22	0.33%	15.25	30.00	30.10	30.05	1.971	277.55	0.998	276.91
VR-029-45	46294.7	15.18	15.25	0.46%	15.22	30.00	30.10	30.05	1.975	254.62	0.998	254.11
VR-031-45	48833.7	15.24	15.20	0.26%	15.22	30.10	30.30	30.20	1.984	268.41	0.999	268.07
VR-033-45	53529.7	15.10	15.27	1.13%	15.19	30.10	30.10	30.10	1.982	295.58	0.999	295.16
VR-035-45	48078.1	15.37	15.13	1.59%	15.25	30.20	30.10	30.15	1.977	263.22	0.998	262.74
VR-037-45	48470.3	15.14	15.24	0.66%	15.19	29.80	30.00	29.90	1.968	267.47	0.997	266.79
VR-039-45	50906.7	15.21	15.12	0.60%	15.17	30.00	30.00	30.00	1.978	281.84	0.998	281.35
VR-041-45	46142.0	15.21	15.19	0.13%	15.20	30.10	30.10	30.10	1.980	254.28	0.998	253.88
VR-043-45	52038.7	15.13	15.24	0.73%	15.19	30.20	30.00	30.10	1.982	287.35	0.999	286.94
VR-045-45	51062.5	15.11	15.30	1.26%	15.21	30.00	30.10	30.05	1.976	281.22	0.998	280.68
VR-047-45	50531.1	15.20	15.32	0.79%	15.26	30.00	30.00	30.00	1.966	276.29	0.997	275.53
VR-049-45	51657.2	15.29	15.19	0.66%	15.24	29.90	30.00	29.95	1.965	283.19	0.997	282.40
VR-051-45	52859.0	15.12	15.32	1.32%	15.22	29.80	30.10	29.95	1.968	290.54	0.997	289.79
VR-053-45	53570.0	15.29	15.17	0.79%	15.23	29.90	30.10	30.00	1.970	294.06	0.998	293.35
VR-055-45	52267.9	15.28	15.16	0.79%	15.22	30.00	29.80	29.90	1.965	287.29	0.997	286.47
VR-057-45	53084.2	15.31	15.18	0.86%	15.25	30.10	30.00	30.05	1.971	290.82	0.998	290.15
VR-061-45	52300.0	15.16	15.19	0.20%	15.18	30.10	30.10	30.10	1.984	289.17	0.999	288.79
VR-063-45	50000.0	15.13	15.31	1.19%	15.22	30.10	30.20	30.15	1.981	274.82	0.998	274.40
VR-065-45	50500.0	15.12	15.27	0.99%	15.20	30.10	30.00	30.05	1.978	278.48	0.998	277.99
VR-067-45	48100.0	15.08	15.17	0.60%	15.13	30.00	29.80	29.90	1.977	267.71	0.998	267.21

C.2. Resistencia a la compresión  $a/c=0.45$ , 28 días, muestras de 6"x12"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	$\Delta D$ (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
VR-002-45	76100.0	15.12	15.34	1.46%	15.23	29.90	29.90	29.90	1.963	417.73	0.997	416.50
VR-004-45	75600.0	15.30	15.19	0.72%	15.25	29.90	29.90	29.90	1.961	414.17	0.997	412.89
VR-006-45	73200.0	15.30	15.19	0.72%	15.25	30.10	29.90	30.00	1.968	401.02	0.997	399.99
VR-008-45	75500.0	15.21	15.27	0.39%	15.24	29.90	29.80	29.85	1.959	413.89	0.997	412.52
VR-009-45	74200.0	15.31	15.21	0.66%	15.26	30.00	29.90	29.95	1.963	405.70	0.997	404.49
VR-011-45	75300.0	15.33	15.17	1.05%	15.25	30.10	30.10	30.10	1.974	412.25	0.998	411.39
VR-014-45	71600.0	15.30	15.10	1.32%	15.20	30.00	30.10	30.05	1.977	394.58	0.998	393.85
VR-016-45	75600.0	15.34	15.18	1.05%	15.26	30.20	30.10	30.15	1.976	413.35	0.998	412.55
VR-018-45	66000.0	15.23	15.21	0.13%	15.22	30.10	30.20	30.15	1.981	362.76	0.998	362.21
VR-020-45	72600.0	15.20	15.18	0.13%	15.19	30.20	30.00	30.10	1.982	400.62	0.999	400.03
VR-022-45	70000.0	15.21	15.20	0.07%	15.21	30.00	30.00	30.00	1.973	385.51	0.998	384.68
VR-024-45	69400.0	15.12	15.14	0.13%	15.13	30.00	30.10	30.05	1.986	386.00	0.999	385.58
VR-026-45	69800.0	15.14	15.17	0.20%	15.16	30.10	30.00	30.05	1.983	386.95	0.999	386.42
VR-028-45	69300.0	15.20	15.21	0.07%	15.21	30.10	30.10	30.10	1.980	381.65	0.998	381.03
VR-030-45	68800.0	15.13	15.18	0.33%	15.16	30.00	30.10	30.05	1.983	381.41	0.999	380.88
VR-032-45	66200.0	15.16	15.14	0.13%	15.15	29.90	30.20	30.05	1.983	367.23	0.999	366.75
VR-034-45	71400.0	15.17	15.15	0.13%	15.16	30.00	30.10	30.05	1.982	395.56	0.999	394.99
VR-036-45	68500.0	15.20	15.24	0.26%	15.22	30.10	30.00	30.05	1.974	376.51	0.998	375.73
VR-038-45	68200.0	15.18	15.20	0.13%	15.19	30.00	29.80	29.90	1.968	376.34	0.997	375.39
VR-040-45	69900.0	15.23	15.11	0.79%	15.17	30.20	30.10	30.15	1.987	386.74	0.999	386.35
VR-042-45	72600.0	15.16	15.10	0.40%	15.13	30.10	30.00	30.05	1.986	403.80	0.999	403.35
VR-044-45	71400.0	15.21	15.08	0.86%	15.15	30.00	30.10	30.05	1.984	396.34	0.999	395.84
VR-046-45	66400.0	15.24	15.19	0.33%	15.22	30.00	30.10	30.05	1.975	365.20	0.998	364.47
VR-048-45	69800.0	15.15	15.13	0.13%	15.14	29.90	30.00	29.95	1.978	387.72	0.998	387.04
VR-050-45	65400.0	15.13	15.07	0.40%	15.10	30.00	30.00	30.00	1.987	365.20	0.999	364.82
VR-052-45	71200.0	15.13	15.08	0.33%	15.11	30.10	30.10	30.10	1.993	397.33	0.999	397.10
VR-054-45	72400.0	15.11	15.22	0.73%	15.17	30.10	30.10	30.10	1.985	400.83	0.999	400.35
VR-056-45	67800.0	15.10	15.15	0.33%	15.13	30.00	30.20	30.10	1.990	377.35	0.999	377.05
VR-058-45	65100.0	15.07	15.18	0.73%	15.13	30.10	30.10	30.10	1.990	362.33	0.999	362.04
VR-060-45	69300.0	15.20	15.17	0.20%	15.19	29.90	30.00	29.95	1.972	382.66	0.998	381.81
VR-062-45	65500.0	15.17	15.10	0.46%	15.14	30.00	29.90	29.95	1.979	364.07	0.998	363.46
VR-064-45	70400.0	15.16	15.14	0.13%	15.15	30.00	29.80	29.90	1.974	390.53	0.998	389.71
VR-066-45	69800.0	15.07	15.05	0.13%	15.06	30.00	30.10	30.05	1.995	391.85	1.000	391.70

C.3. Resistencia a la compresión  $a/c=0.45$ , 7 días, muestras de 4"x8"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	$\Delta D$ (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
VR-101-45	23984.0	10.05	10.02	0.30%	10.04	20.10	20.20	20.15	2.008	303.25	1.001	303.44
VR-103-45	23200.0	10.00	9.93	0.70%	9.97	19.80	20.10	19.95	2.002	297.47	1.000	297.52
VR-105-45	24452.0	10.06	10.02	0.40%	10.04	20.10	20.20	20.15	2.007	308.86	1.001	309.03
VR-109-45	20641.0	9.99	10.02	0.30%	10.01	20.00	19.90	19.95	1.994	262.55	1.000	262.42
VR-111-45	22309.0	9.97	10.06	0.90%	10.02	19.90	20.00	19.95	1.992	283.20	0.999	283.02
VR-113-45	21625.0	9.96	10.08	1.20%	10.02	19.90	20.30	20.10	2.006	274.24	1.000	274.37
VR-115-45	24177.0	9.93	10.06	1.31%	10.00	20.00	20.10	20.05	2.006	308.14	1.000	308.29
VR-117-45	23579.0	9.93	10.05	1.21%	9.99	20.10	20.10	20.10	2.012	300.82	1.001	301.11
VR-119-45	22001.5	10.01	10.03	0.20%	10.02	20.20	20.10	20.15	2.011	279.01	1.001	279.26
VR-121-45	20908.6	10.03	10.04	0.10%	10.04	20.10	20.00	20.05	1.998	264.36	1.000	264.32
VR-123-45	21407.7	9.99	10.00	0.10%	10.00	20.00	19.70	19.85	1.986	272.84	0.999	272.54
VR-125-45	23532.9	10.03	10.02	0.10%	10.03	20.10	19.90	20.00	1.995	298.14	1.000	298.02
VR-127-45	21199.0	10.05	10.00	0.50%	10.03	19.70	20.20	19.95	1.990	268.57	0.999	268.36
VR-129-45	22883.5	10.00	10.03	0.30%	10.02	19.90	20.10	20.00	1.997	290.49	1.000	290.42
VR-131-45	20639.0	10.03	10.02	0.10%	10.03	20.10	20.10	20.10	2.005	261.47	1.000	261.58
VR-133-45	21262.0	9.97	10.00	0.30%	9.99	19.90	20.00	19.95	1.998	271.53	1.000	271.49
VR-135-45	21192.4	9.98	10.07	0.90%	10.03	20.10	20.00	20.05	2.000	268.49	1.000	268.49
VR-137-45	24107.2	10.03	10.00	0.30%	10.02	20.30	20.10	20.20	2.017	306.02	1.001	306.44
VR-139-45	21019.4	10.01	10.06	0.50%	10.04	20.10	20.00	20.05	1.998	265.76	1.000	265.72
VR-141-45	21742.1	10.00	10.05	0.50%	10.03	20.00	20.20	20.10	2.005	275.45	1.000	275.56
VR-143-45	24247.5	10.03	10.01	0.20%	10.02	20.10	19.80	19.95	1.991	307.50	0.999	307.28
VR-145-45	21372.0	10.00	10.07	0.70%	10.04	19.80	20.00	19.90	1.983	270.22	0.999	269.86
VR-147-45	22294.0	10.08	10.07	0.10%	10.08	19.90	20.00	19.95	1.980	279.65	0.998	279.20
VR-149-45	22016.0	10.12	10.12	0.00%	10.12	20.00	20.20	20.10	1.986	273.71	0.999	273.41
VR-151-45	22414.0	10.09	10.06	0.30%	10.08	20.00	20.10	20.05	1.990	281.15	0.999	280.93
VR-153-45	20969.0	10.02	10.07	0.50%	10.05	20.10	20.10	20.10	2.001	264.60	1.000	264.62
VR-155-45	24401.0	10.02	10.08	0.60%	10.05	20.20	20.10	20.15	2.005	307.60	1.000	307.72
VR-157-45	22421.0	10.07	10.05	0.20%	10.06	20.00	19.90	19.95	1.983	282.08	0.999	281.70
VR-159-45	24328.0	10.00	10.04	0.40%	10.02	20.00	19.80	19.90	1.986	308.52	0.999	308.17
VR-161-45	22076.0	10.05	10.05	0.00%	10.05	20.00	20.00	20.00	1.990	278.29	0.999	278.07
VR-163-45	22285.0	10.04	10.08	0.40%	10.06	19.90	20.10	20.00	1.988	280.37	0.999	280.10
VR-167-45	23763.0	10.04	10.05	0.10%	10.05	19.90	20.00	19.95	1.986	299.86	0.999	299.52
VR-169-45	23226.0	10.05	10.04	0.10%	10.05	20.00	20.20	20.10	2.001	293.08	1.000	293.10

C.4. Resistencia a la compresión  $a/c=0.45$ , 28 días, muestras de 4"x8"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	$\Delta D$ (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
VR-102-45	35996.0	10.01	10.04	0.30%	10.03	20.43	20.49	20.46	2.041	456.03	1.003	457.52
VR-104-45	31349.0	10.02	10.01	0.10%	10.02	20.29	20.32	20.31	2.027	397.95	1.002	398.83
VR-106-45	32396.0	10.04	10.01	0.30%	10.03	20.45	20.47	20.46	2.041	410.42	1.003	411.77
VR-108-45	34220.0	10.00	10.03	0.30%	10.02	20.17	20.25	20.21	2.018	434.40	1.001	435.02
VR-110-45	34230.0	10.04	10.02	0.20%	10.03	20.33	20.35	20.34	2.028	433.23	1.002	434.19
VR-112-45	30760.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.32	20.30	20.31	2.030	391.26	1.002	392.20
VR-114-45	34655.0	10.01	9.99	0.20%	10.00	20.30	20.23	20.27	2.027	441.24	1.002	442.18
VR-116-45	31518.0	10.04	10.07	0.30%	10.06	20.02	20.01	20.02	1.991	396.92	0.999	396.62
VR-118-45	35420.0	10.02	10.06	0.40%	10.04	20.13	20.23	20.18	2.010	447.40	1.001	447.75
VR-120-45	32989.0	10.01	10.01	0.00%	10.01	20.10	20.10	20.10	2.008	419.19	1.001	419.46
VR-122-45	30663.0	10.04	10.02	0.20%	10.03	20.10	20.00	20.05	1.999	388.08	1.000	388.05
VR-124-45	33181.0	10.01	10.02	0.10%	10.02	20.00	20.10	20.05	2.002	421.21	1.000	421.28
VR-126-45	35584.0	10.02	10.01	0.10%	10.02	19.90	20.10	20.00	1.997	451.71	1.000	451.61
VR-128-45	33847.0	10.02	10.00	0.20%	10.01	20.10	20.00	20.05	2.003	430.09	1.000	430.20
VR-130-45	35047.0	10.00	10.00	0.00%	10.00	20.10	19.90	20.00	2.000	446.23	1.000	446.23
VR-132-45	34245.0	10.01	10.00	0.10%	10.01	19.80	20.00	19.90	1.989	435.59	0.999	435.20
VR-134-45	30998.0	10.03	10.02	0.10%	10.03	20.00	20.10	20.05	2.000	392.71	1.000	392.71
VR-136-45	33681.0	10.01	10.01	0.00%	10.01	20.10	20.10	20.10	2.008	427.98	1.001	428.26
VR-138-45	33484.0	10.00	10.02	0.20%	10.01	20.10	20.20	20.15	2.013	425.48	1.001	425.92
VR-140-45	31415.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.10	20.10	20.10	2.009	399.59	1.001	399.88
VR-142-45	34611.0	10.03	10.01	0.20%	10.02	19.90	20.20	20.05	2.001	438.92	1.000	438.96
VR-144-45	31421.0	10.03	10.04	0.10%	10.04	20.30	20.30	20.30	2.023	397.28	1.002	398.01
VR-146-45	33154.0	10.03	10.03	0.00%	10.03	20.30	20.30	20.30	2.024	419.61	1.002	420.41
VR-148-45	34951.0	10.10	10.06	0.40%	10.08	20.40	20.30	20.35	2.019	437.97	1.002	438.63
VR-152-45	35993.0	10.06	10.05	0.10%	10.06	20.30	20.40	20.35	2.024	453.28	1.002	454.14
VR-154-45	31866.0	10.08	10.09	0.10%	10.09	20.30	20.30	20.30	2.013	398.92	1.001	399.33
VR-156-45	31123.0	10.09	10.05	0.40%	10.07	20.20	20.20	20.20	2.006	390.78	1.000	390.97
VR-158-45	33321.0	10.02	10.07	0.50%	10.05	20.30	20.30	20.30	2.021	420.46	1.002	421.17
VR-160-45	35674.0	10.05	10.07	0.20%	10.06	20.20	20.30	20.25	2.013	448.81	1.001	449.28
VR-162-45	34276.0	10.06	10.10	0.40%	10.08	20.30	20.30	20.30	2.014	429.52	1.001	429.99
VR-164-45	30723.0	10.04	10.06	0.20%	10.05	20.30	20.20	20.25	2.015	387.29	1.001	387.76
VR-166-45	31845.0	10.08	10.04	0.40%	10.06	20.30	20.20	20.25	2.013	400.64	1.001	401.06
VR-168-45	34196.0	10.01	10.06	0.50%	10.04	20.20	20.30	20.25	2.018	432.37	1.001	432.99

C.5. Resistencia a la compresión  $a/c=0.50$ , 7 días, muestras de 6"x12"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	$\Delta D$ (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
VS-001-50	45800.0	15.13	15.31	1.19%	15.22	30.10	30.20	30.15	1.981	251.74	0.998	251.35
VS-003-50	51600.0	15.12	15.20	0.53%	15.16	30.10	30.10	30.10	1.985	285.87	0.999	285.53
VS-005-50	48300.0	15.22	15.14	0.53%	15.18	30.00	29.90	29.95	1.973	266.88	0.998	266.30
VS-007-50	47500.0	15.18	15.21	0.20%	15.20	30.00	30.00	30.00	1.974	261.94	0.998	261.40
VS-009-50	47300.0	15.31	15.18	0.86%	15.25	30.00	30.00	30.00	1.968	259.13	0.997	258.46
VS-011-50	46800.0	15.12	15.27	0.99%	15.20	30.20	30.10	30.15	1.984	258.08	0.999	257.75
VS-013-50	49800.0	15.17	15.16	0.07%	15.17	29.90	30.00	29.95	1.975	275.71	0.998	275.16
VS-017-50	48100.0	15.20	15.17	0.20%	15.19	30.10	30.20	30.15	1.986	265.60	0.999	265.29
VS-019-50	44800.0	15.24	15.10	0.93%	15.17	30.00	30.00	30.00	1.978	247.87	0.998	247.42
VS-021-50	50800.0	15.28	15.17	0.73%	15.23	30.00	30.10	30.05	1.974	279.04	0.998	278.45
VS-023-50	48300.0	15.18	15.20	0.13%	15.19	29.90	30.10	30.00	1.975	266.53	0.998	265.99
VS-025-50	47400.0	15.31	15.15	1.06%	15.23	30.00	29.90	29.95	1.967	260.19	0.997	259.49
VS-027-50	49800.0	15.10	15.21	0.73%	15.16	29.80	29.90	29.85	1.970	276.08	0.998	275.40
VS-029-50	50800.0	15.09	15.21	0.80%	15.15	30.20	30.10	30.15	1.990	281.80	0.999	281.58
VS-031-50	46700.0	15.16	15.21	0.33%	15.19	30.10	30.00	30.05	1.979	257.87	0.998	257.43
VS-033-50	47800.0	15.30	15.16	0.92%	15.23	30.10	30.10	30.10	1.976	262.38	0.998	261.89
VS-035-50	48800.0	15.19	15.19	0.00%	15.19	30.10	30.10	30.10	1.982	269.29	0.999	268.89
VS-037-50	45200.0	15.13	15.25	0.79%	15.19	30.00	30.10	30.05	1.978	249.42	0.998	248.99
VS-039-50	45400.0	15.35	15.19	1.05%	15.27	30.10	30.00	30.05	1.968	247.91	0.997	247.27
VS-041-50	45400.0	15.13	15.21	0.53%	15.17	30.10	30.10	30.10	1.984	251.19	0.999	250.87
VS-043-50	48600.0	15.16	15.21	0.33%	15.19	30.10	30.20	30.15	1.986	268.36	0.999	268.05
VS-045-50	49200.0	15.27	15.26	0.07%	15.27	30.10	30.30	30.20	1.978	268.83	0.998	268.37
VS-047-50	48900.0	15.20	15.20	0.00%	15.20	30.00	30.10	30.05	1.977	269.48	0.998	268.99
VS-049-50	46800.0	15.27	15.19	0.53%	15.23	30.30	30.10	30.20	1.983	256.90	0.999	256.54
VS-051-50	46800.0	15.15	15.23	0.53%	15.19	30.10	30.10	30.10	1.982	258.25	0.999	257.87
VS-053-50	45600.0	15.13	15.27	0.93%	15.20	30.00	30.10	30.05	1.977	251.30	0.998	250.83
VS-055-50	48400.0	15.20	15.25	0.33%	15.23	30.00	30.30	30.15	1.980	265.85	0.998	265.43
VS-057-50	50300.0	15.17	15.20	0.20%	15.19	30.00	30.00	30.00	1.976	277.75	0.998	277.21
VS-059-50	52200.0	15.19	15.23	0.26%	15.21	30.00	30.10	30.05	1.976	287.29	0.998	286.73
VS-061-50	49400.0	15.23	15.25	0.13%	15.24	30.30	30.20	30.25	1.985	270.81	0.999	270.48
VS-063-50	48400.0	15.15	15.30	0.99%	15.23	30.10	30.00	30.05	1.974	265.85	0.998	265.29
VS-065-50	49300.0	15.20	15.31	0.72%	15.26	30.00	29.40	29.70	1.947	269.73	0.996	268.59
VS-067-50	47200.0	15.12	15.23	0.73%	15.18	30.10	30.00	30.05	1.980	260.97	0.998	260.56

C.6. Resistencia a la compresión  $a/c=0.50$ , 28 días, muestras de 6"x12"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	$\Delta D$ (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
VS-002-50	65042.0	15.10	15.12	0.13%	15.11	30.10	30.15	30.13	1.994	362.72	0.999	362.54
VS-004-50	67420.0	15.20	15.17	0.20%	15.19	30.10	30.10	30.10	1.982	372.28	0.999	371.75
VS-006-50	69620.0	15.12	15.16	0.26%	15.14	30.10	30.15	30.13	1.990	386.72	0.999	386.40
VS-008-50	68327.0	15.10	15.14	0.26%	15.12	30.20	30.20	30.20	1.997	380.54	1.000	380.46
VS-010-50	66830.0	15.13	15.20	0.46%	15.17	30.10	30.10	30.10	1.985	370.00	0.999	369.55
VS-012-50	66326.0	15.16	15.22	0.40%	15.19	30.25	30.30	30.28	1.993	366.00	0.999	365.80
VS-014-50	68920.0	15.10	15.20	0.66%	15.15	30.20	30.20	30.20	1.993	382.32	0.999	382.12
VS-016-50	67882.0	15.06	15.12	0.40%	15.09	30.20	30.10	30.15	1.998	379.57	1.000	379.50
VS-018-50	68215.0	15.02	15.10	0.53%	15.06	30.15	30.10	30.13	2.000	382.95	1.000	382.96
VS-020-50	70440.0	15.10	15.18	0.53%	15.14	30.20	30.15	30.18	1.993	391.27	0.999	391.05
VS-022-50	69320.0	15.02	15.07	0.33%	15.05	30.10	30.10	30.10	2.001	389.93	1.000	389.95
VS-024-50	66027.0	15.02	15.07	0.33%	15.05	30.15	30.15	30.15	2.004	371.40	1.000	371.52
VS-026-50	65340.0	15.10	15.14	0.26%	15.12	30.20	30.20	30.20	1.997	363.90	1.000	363.83
VS-028-50	69910.0	15.12	15.20	0.53%	15.16	30.10	30.10	30.10	1.985	387.30	0.999	386.85
VS-030-50	71214.0	15.16	15.21	0.33%	15.19	30.20	30.20	30.20	1.989	393.23	0.999	392.88
VS-032-50	70216.0	15.10	15.14	0.26%	15.12	30.10	30.15	30.13	1.992	391.06	0.999	390.82
VS-034-50	67520.0	15.08	15.14	0.40%	15.11	30.10	30.20	30.15	1.995	376.54	1.000	376.40
VS-036-50	65318.0	15.09	15.12	0.20%	15.11	30.10	30.10	30.10	1.993	364.50	0.999	364.29
VS-038-50	69428.0	15.04	15.10	0.40%	15.07	30.15	30.20	30.18	2.002	389.24	1.000	389.31
VS-040-50	69741.0	15.04	15.12	0.53%	15.08	30.10	30.10	30.10	1.996	390.48	1.000	390.35
VS-042-50	63926.0	15.07	15.14	0.46%	15.11	30.20	30.20	30.20	1.999	356.74	1.000	356.72
VS-044-50	66385.0	15.03	15.10	0.47%	15.07	30.20	30.15	30.18	2.003	372.43	1.000	372.52
VS-046-50	67417.0	15.01	15.10	0.60%	15.06	30.10	30.10	30.10	1.999	378.72	1.000	378.70
VS-048-50	64140.0	15.02	15.12	0.67%	15.07	30.15	30.20	30.18	2.002	359.59	1.000	359.66
VS-050-50	67981.0	15.02	15.08	0.40%	15.05	30.10	30.10	30.10	2.000	382.14	1.000	382.14
VS-052-50	68245.0	15.02	15.10	0.53%	15.06	30.10	30.15	30.13	2.000	383.12	1.000	383.13
VS-054-50	68840.0	15.08	15.15	0.46%	15.12	30.20	30.20	30.20	1.998	383.65	1.000	383.59
VS-056-50	66217.0	15.06	15.10	0.27%	15.08	30.20	30.20	30.20	2.003	370.75	1.000	370.83
VS-058-50	66428.0	15.11	15.17	0.40%	15.14	30.10	30.10	30.10	1.988	368.99	0.999	368.63
VS-060-50	64844.0	15.12	15.14	0.13%	15.13	30.15	30.20	30.18	1.994	360.66	1.000	360.50
VS-062-50	66144.0	15.04	15.00	0.27%	15.02	30.10	30.10	30.10	2.004	373.30	1.000	373.42
VS-064-50	65218.0	15.07	15.12	0.33%	15.10	30.10	30.10	30.10	1.994	364.43	1.000	364.25
VS-066-50	67840.0	15.02	15.10	0.53%	15.06	30.20	30.25	30.23	2.007	380.84	1.001	381.06



C.7. Resistencia a la compresión a/c=0.50, 7 días, muestras de 4"x8"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
VS-101-50	22876.0	10.08	10.03	0.50%	10.06	20.35	20.38	20.37	2.025	288.09	1.002	288.67
VS-103-50	22277.0	10.05	10.04	0.10%	10.05	20.40	20.37	20.39	2.029	281.10	1.002	281.76
VS-105-50	21231.0	10.05	10.02	0.30%	10.04	20.44	20.40	20.42	2.035	268.44	1.003	269.19
VS-107-50	22388.0	10.01	10.01	0.00%	10.01	20.49	20.48	20.49	2.046	284.48	1.004	285.54
VS-109-50	22190.0	10.03	10.05	0.20%	10.04	20.40	20.55	20.48	2.039	280.29	1.003	281.17
VS-111-50	23203.0	10.02	10.03	0.10%	10.03	20.46	20.49	20.48	2.042	293.96	1.003	294.96
VS-113-50	22731.0	10.05	10.00	0.50%	10.03	20.38	20.42	20.40	2.035	287.98	1.003	288.78
VS-115-50	23469.0	10.04	10.06	0.20%	10.05	20.45	20.42	20.44	2.033	295.85	1.003	296.64
VS-117-50	23974.0	10.05	10.02	0.30%	10.04	20.45	20.35	20.40	2.033	303.12	1.003	303.92
VS-119-50	22833.0	10.02	10.02	0.00%	10.02	20.44	20.42	20.43	2.039	289.56	1.003	290.46
VS-121-50	21989.0	10.01	10.01	0.00%	10.01	20.33	20.45	20.39	2.037	279.41	1.003	280.24
VS-123-50	21499.0	10.04	10.04	0.00%	10.04	20.34	20.41	20.38	2.029	271.56	1.002	272.20
VS-125-50	22754.0	10.04	10.00	0.40%	10.02	20.40	20.44	20.42	2.038	288.56	1.003	289.43
VS-127-50	24137.0	10.00	10.05	0.50%	10.03	20.51	20.58	20.55	2.049	305.79	1.004	307.00
VS-129-50	22719.0	10.05	10.05	0.00%	10.05	20.43	20.41	20.42	2.032	286.40	1.003	287.13
VS-131-50	21618.0	10.03	10.07	0.40%	10.05	20.32	20.30	20.31	2.021	272.52	1.002	272.97
VS-133-50	22083.0	10.04	10.03	0.10%	10.04	20.41	20.35	20.38	2.031	279.21	1.002	279.90
VS-135-50	20583.0	10.00	10.05	0.50%	10.03	20.55	20.60	20.58	2.052	260.77	1.004	261.86
VS-137-50	22437.0	10.02	10.01	0.10%	10.02	20.32	20.38	20.35	2.032	284.82	1.003	285.55
VS-139-50	23920.0	10.00	10.03	0.30%	10.02	20.42	20.44	20.43	2.040	303.65	1.003	304.62
VS-141-50	24045.0	10.02	10.01	0.10%	10.02	20.33	20.41	20.37	2.034	305.23	1.003	306.06
VS-143-50	23595.0	10.05	10.06	0.10%	10.06	20.31	20.40	20.36	2.024	297.14	1.002	297.72
VS-145-50	22263.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.25	20.23	20.24	2.023	283.18	1.002	283.70
VS-147-50	23405.0	10.00	9.99	0.10%	10.00	20.34	20.29	20.32	2.033	298.30	1.003	299.08
VS-149-50	21829.0	10.00	10.00	0.00%	10.00	20.44	20.48	20.46	2.046	277.94	1.004	278.96
VS-151-50	21232.0	10.02	10.02	0.00%	10.02	20.34	20.37	20.36	2.031	269.26	1.003	269.93
VS-153-50	22725.0	10.07	10.02	0.50%	10.05	20.13	20.15	20.14	2.005	286.76	1.000	286.87
VS-155-50	22229.0	10.02	10.40	3.79%	10.21	20.47	20.43	20.45	2.003	271.51	1.000	271.57
VS-157-50	20946.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.41	20.39	20.40	2.039	266.43	1.003	267.26
VS-159-50	22934.0	10.01	10.00	0.10%	10.01	20.45	20.43	20.44	2.043	291.71	1.003	292.72
VS-161-50	23527.0	10.07	10.05	0.20%	10.06	20.33	20.31	20.32	2.020	295.99	1.002	296.46
VS-163-50	21160.0	10.03	10.00	0.30%	10.02	20.43	20.40	20.42	2.038	268.61	1.003	269.44
VS-165-50	20082.0	10.05	10.00	0.50%	10.03	20.40	20.40	20.40	2.035	254.42	1.003	255.13

C.8. Resistencia a la compresión a/c=0.50, 28 días, muestras de 4"x8"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
VS-102-50	28265.0	9.93	9.95	0.20%	9.94	20.50	20.50	20.50	2.062	364.24	1.005	366.06
VS-104-50	30001.0	9.96	9.99	0.30%	9.98	20.20	20.10	20.15	2.020	383.90	1.002	384.52
VS-106-50	31412.0	9.95	9.92	0.30%	9.94	20.10	20.20	20.15	2.028	405.20	1.002	406.11
VS-108-50	30179.0	9.98	10.00	0.20%	9.99	20.20	20.20	20.20	2.022	385.02	1.002	385.70
VS-110-50	31014.0	9.95	9.97	0.20%	9.96	20.40	20.30	20.35	2.043	398.06	1.003	399.44
VS-112-50	31420.0	9.94	9.94	0.00%	9.94	20.10	20.10	20.10	2.022	404.90	1.002	405.61
VS-114-50	31606.0	9.95	9.94	0.10%	9.95	20.20	20.20	20.20	2.031	406.88	1.002	407.90
VS-116-50	30404.0	9.92	9.91	0.10%	9.92	20.10	20.20	20.15	2.032	393.78	1.003	394.80
VS-118-50	31320.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.10	20.10	20.10	2.009	398.38	1.001	398.67
VS-120-50	30942.0	9.99	10.00	0.10%	10.00	20.30	20.20	20.25	2.026	394.36	1.002	395.18
VS-122-50	29731.0	9.93	9.96	0.30%	9.95	20.10	20.20	20.15	2.026	382.75	1.002	383.55
VS-124-50	30541.0	9.98	9.99	0.10%	9.99	20.10	20.10	20.10	2.013	390.03	1.001	390.44
VS-126-50	29176.0	10.00	10.01	0.10%	10.01	20.30	20.20	20.25	2.024	371.11	1.002	371.82
VS-128-50	31154.0	9.97	9.98	0.10%	9.98	20.10	20.10	20.10	2.015	398.66	1.001	399.14
VS-130-50	30845.0	10.01	10.00	0.10%	10.01	20.20	20.20	20.20	2.019	392.34	1.002	392.93
VS-132-50	31309.0	9.96	10.02	0.60%	9.99	20.02	20.05	20.04	2.006	399.44	1.000	399.61
VS-134-50	31746.0	10.00	10.04	0.40%	10.02	20.10	20.20	20.15	2.011	402.59	1.001	402.94
VS-136-50	30638.0	9.96	9.99	0.30%	9.98	20.10	20.10	20.10	2.015	392.05	1.001	392.52
VS-138-50	30958.0	9.95	10.00	0.50%	9.98	20.20	20.30	20.25	2.030	396.15	1.002	397.10
VS-140-50	30109.0	10.01	10.02	0.10%	10.02	20.10	20.20	20.15	2.012	382.21	1.001	382.58
VS-142-50	29518.0	9.98	10.02	0.40%	10.00	20.20	20.10	20.15	2.015	375.83	1.001	376.29
VS-144-50	30906.0	9.96	10.01	0.50%	9.99	20.30	20.50	20.40	2.043	394.69	1.003	396.05
VS-146-50	31080.0	9.92	9.94	0.20%	9.93	20.20	20.10	20.15	2.029	401.32	1.002	402.26
VS-148-50	31280.0	9.97	10.00	0.30%	9.99	20.40	20.30	20.35	2.038	399.47	1.003	400.68
VS-150-50	30649.0	10.01	10.04	0.30%	10.03	20.10	20.00	20.05	2.000	388.29	1.000	388.29
VS-152-50	29984.0	9.98	10.04	0.60%	10.01	20.20	20.20	20.20	2.018	381.01	1.001	381.55
VS-154-50	28611.0	9.96	10.02	0.60%	9.99	20.10	20.10	20.10	2.012	365.02	1.001	365.37
VS-156-50	31780.0	9.95	9.99	0.40%	9.97	20.20	20.30	20.25	2.031	407.07	1.002	408.09
VS-158-50	31816.0	10.00	10.04	0.40%	10.02	20.20	20.20	20.20	2.016	403.48	1.001	403.99
VS-160-50	29691.0	9.98	10.02	0.40%	10.00	20.40	20.30	20.35	2.035	378.04	1.003	379.10
VS-162-50	30784.0	9.96	10.00	0.40%	9.98	20.10	20.20	20.15	2.019	393.53	1.002	394.13
VS-164-50	28660.0	9.94	10.02	0.80%	9.98	20.20	20.20	20.20	2.024	366.37	1.002	367.08
VS-166-50	28282.0	9.97	10.02	0.50%	10.00	20.00	20.10	20.05	2.006	360.46	1.000	360.63

C.9. Resistencia a la compresión  $a/c=0.55$ , 7 días, muestras de 6"x12"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	$\Delta D$ (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	K	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
VT-001-55	35500.0	15.20	15.31	0.72%	15.26	30.10	30.00	30.05	1.970	194.23	0.998	193.76
VT-003-55	39800.0	15.12	15.30	1.19%	15.21	29.90	30.00	29.95	1.969	219.05	0.998	218.50
VT-005-55	40200.0	15.21	15.10	0.73%	15.16	30.00	30.10	30.05	1.983	222.86	0.999	222.55
VT-007-55	40400.0	15.20	15.30	0.66%	15.25	30.00	30.10	30.05	1.970	221.18	0.998	220.66
VT-009-55	41800.0	15.21	15.24	0.20%	15.23	30.10	30.00	30.05	1.974	229.60	0.998	229.12
VT-011-55	37200.0	15.14	15.23	0.59%	15.19	30.10	30.00	30.05	1.979	205.41	0.998	205.06
VT-013-55	38000.0	15.21	15.20	0.07%	15.21	30.00	29.90	29.95	1.970	209.28	0.998	208.77
VT-015-55	39800.0	15.04	15.30	1.73%	15.17	30.00	30.10	30.05	1.981	220.20	0.998	219.87
VT-017-55	41600.0	15.22	15.30	0.53%	15.26	30.00	30.10	30.05	1.969	227.45	0.998	226.89
VT-019-55	39200.0	15.13	15.30	1.12%	15.22	29.80	30.10	29.95	1.968	215.60	0.997	215.06
VT-021-55	38000.0	15.25	15.30	0.33%	15.28	29.90	30.10	30.00	1.964	207.36	0.997	206.77
VT-023-55	40800.0	15.17	15.21	0.26%	15.19	30.00	29.90	29.95	1.972	225.14	0.998	224.63
VT-025-55	37000.0	15.24	15.17	0.46%	15.21	30.10	29.80	29.95	1.970	203.77	0.998	203.28
VT-027-55	38000.0	15.17	15.30	0.86%	15.24	30.10	30.00	30.05	1.972	208.45	0.998	207.99
VT-029-55	35800.0	15.35	15.23	0.79%	15.29	30.10	30.00	30.05	1.965	194.97	0.997	194.43
VT-031-55	38500.0	15.13	15.31	1.19%	15.22	30.00	29.90	29.95	1.968	211.61	0.997	211.07
VT-033-55	41300.0	15.14	15.31	1.12%	15.23	29.90	30.10	30.00	1.970	226.85	0.998	226.32
VT-035-55	37100.0	15.30	15.24	0.39%	15.27	29.90	30.00	29.95	1.961	202.58	0.997	201.96
VT-037-55	40300.0	15.20	15.24	0.26%	15.22	30.00	30.00	30.00	1.971	221.51	0.998	220.99
VT-039-55	39000.0	15.24	15.16	0.53%	15.20	30.00	30.00	30.00	1.974	214.93	0.998	214.47
VT-041-55	41800.0	15.21	15.20	0.07%	15.21	30.10	30.00	30.05	1.976	230.20	0.998	229.77
VT-043-55	36800.0	15.30	15.24	0.39%	15.27	30.10	30.00	30.05	1.968	200.95	0.997	200.43
VT-045-55	37800.0	15.28	15.15	0.86%	15.22	30.10	30.10	30.10	1.978	207.90	0.998	207.54
VT-047-55	38100.0	15.23	15.17	0.40%	15.20	30.10	30.00	30.05	1.977	209.97	0.998	209.58
VT-049-55	38900.0	15.29	15.24	0.33%	15.27	30.10	30.20	30.15	1.975	212.55	0.998	212.13
VT-051-55	38500.0	15.19	15.20	0.07%	15.20	29.90	30.00	29.95	1.971	212.31	0.998	211.82
VT-053-55	34800.0	15.16	15.26	0.66%	15.21	30.10	30.10	30.10	1.979	191.53	0.998	191.21
VT-055-55	35700.0	15.20	15.41	1.38%	15.31	29.90	30.00	29.95	1.957	194.05	0.997	193.38
VT-057-55	38100.0	15.22	15.21	0.07%	15.22	30.00	30.00	30.00	1.972	209.55	0.998	209.08
VT-059-55	37400.0	15.20	15.22	0.13%	15.21	30.20	30.20	30.20	1.986	205.84	0.999	205.60
VT-061-55	38300.0	15.32	15.13	1.26%	15.23	30.10	30.00	30.05	1.974	210.38	0.998	209.93
VT-063-55	35100.0	15.18	15.20	0.13%	15.19	30.20	30.00	30.10	1.982	193.69	0.999	193.40
VT-065-55	40800.0	15.23	15.22	0.07%	15.23	29.90	30.00	29.95	1.967	224.11	0.997	223.52

C.10. Resistencia a la compresión a/c=0.55, 28 días, muestras de 6"x12"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
VT-002-55	60655.0	15.20	15.21	0.07%	15.21	30.10	30.00	30.05	1.976	334.04	0.998	333.41
VT-004-55	58014.0	15.12	15.12	0.00%	15.12	30.10	30.10	30.10	1.991	323.10	0.999	322.86
VT-006-55	61356.0	15.22	15.21	0.07%	15.22	30.10	30.00	30.05	1.975	337.46	0.998	336.79
VT-008-55	59007.0	15.19	15.20	0.07%	15.20	30.20	30.10	30.15	1.984	325.40	0.999	324.98
VT-010-55	63903.0	15.23	15.21	0.13%	15.22	30.00	30.00	30.00	1.971	351.24	0.998	350.43
VT-012-55	60696.0	15.13	15.12	0.07%	15.13	30.10	30.10	30.10	1.990	337.82	0.999	337.55
VT-014-55	62327.0	15.22	15.22	0.00%	15.22	30.20	30.20	30.20	1.984	342.58	0.999	342.14
VT-016-55	56489.0	15.18	15.18	0.00%	15.18	30.00	30.00	30.00	1.976	312.13	0.998	311.53
VT-018-55	59044.0	15.17	15.17	0.00%	15.17	30.30	30.30	30.30	1.997	326.67	1.000	326.61
VT-020-55	65030.0	15.24	15.25	0.07%	15.25	30.10	30.20	30.15	1.978	356.26	0.998	355.63
VT-022-55	62051.0	15.22	15.22	0.00%	15.22	30.00	30.00	30.00	1.971	341.06	0.998	340.27
VT-024-55	65002.0	15.20	15.21	0.07%	15.21	30.10	30.20	30.15	1.983	357.98	0.999	357.49
VT-026-55	64814.0	15.19	15.19	0.00%	15.19	30.00	30.00	30.00	1.975	357.65	0.998	356.94
VT-028-55	64419.0	15.20	15.21	0.07%	15.21	30.00	30.00	30.00	1.973	354.77	0.998	354.01
VT-030-55	63697.0	15.19	15.21	0.13%	15.20	30.10	30.10	30.10	1.980	351.03	0.998	350.47
VT-032-55	64053.0	15.20	15.20	0.00%	15.20	30.10	30.10	30.10	1.980	352.99	0.998	352.43
VT-034-55	58034.0	15.26	15.29	0.20%	15.28	29.90	29.90	29.90	1.957	316.69	0.997	315.61
VT-036-55	54030.0	15.19	15.21	0.13%	15.20	29.80	29.60	29.70	1.954	297.75	0.996	296.66
VT-038-55	54585.0	15.27	15.25	0.13%	15.26	30.10	30.10	30.10	1.972	298.45	0.998	297.79
VT-040-55	56863.0	15.21	15.22	0.07%	15.22	30.00	30.00	30.00	1.972	312.75	0.998	312.04
VT-042-55	54063.0	15.19	15.16	0.20%	15.18	30.10	30.20	30.15	1.987	298.92	0.999	298.60
VT-044-55	57690.0	15.15	15.15	0.00%	15.15	30.00	30.00	30.00	1.980	320.03	0.998	319.52
VT-046-55	55820.0	15.17	15.15	0.13%	15.16	30.20	30.10	30.15	1.989	309.24	0.999	308.97
VT-048-55	57666.0	15.11	15.12	0.07%	15.12	29.80	29.90	29.85	1.975	321.38	0.998	320.73
VT-050-55	56495.0	15.16	15.10	0.40%	15.13	30.00	30.00	30.00	1.983	314.23	0.999	313.79
VT-052-55	54014.0	15.20	15.19	0.07%	15.20	30.10	30.10	30.10	1.981	297.86	0.998	297.41
VT-054-55	60337.0	15.18	15.15	0.20%	15.17	30.00	30.10	30.05	1.982	334.05	0.999	333.55
VT-056-55	55159.0	15.14	15.16	0.13%	15.15	29.80	30.10	29.95	1.977	305.99	0.998	305.42
VT-058-55	62561.0	15.10	15.11	0.07%	15.11	30.20	30.20	30.20	1.999	349.12	1.000	349.10
VT-060-55	55616.0	15.21	15.24	0.20%	15.23	30.30	30.10	30.20	1.984	305.49	0.999	305.09
VT-062-55	59686.0	15.24	15.21	0.20%	15.23	29.90	30.00	29.95	1.967	327.84	0.997	326.98
VT-064-55	57142.0	15.20	15.19	0.07%	15.20	29.80	29.70	29.75	1.958	315.11	0.997	314.05
VT-066-55	60274.0	15.17	15.15	0.13%	15.16	30.00	29.90	29.95	1.976	333.92	0.998	333.27

C.11. Resistencia a la compresión a/c=0.55, 7 días, muestras de 4"x8"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
VT-101-55	19643.0	10.07	10.02	0.50%	10.05	20.40	20.30	20.35	2.026	247.87	1.002	248.38
VT-103-55	18127.0	10.01	10.05	0.40%	10.03	20.40	20.40	20.40	2.034	229.42	1.003	230.04
VT-105-55	18082.0	10.04	10.03	0.10%	10.04	20.40	20.50	20.45	2.038	228.62	1.003	229.32
VT-107-55	19612.0	10.06	10.02	0.40%	10.04	20.50	20.40	20.45	2.037	247.72	1.003	248.45
VT-109-55	17914.0	10.07	10.09	0.20%	10.08	20.60	20.50	20.55	2.039	224.48	1.003	225.18
VT-111-55	16882.0	10.00	10.07	0.70%	10.04	20.00	20.00	20.00	1.993	213.45	0.999	213.33
VT-113-55	18766.0	10.05	10.03	0.20%	10.04	20.20	20.20	20.20	2.012	237.04	1.001	237.26
VT-115-55	17796.0	10.07	10.04	0.30%	10.06	20.50	20.30	20.40	2.029	224.11	1.002	224.63
VT-117-55	16028.0	10.05	10.08	0.30%	10.07	20.40	20.50	20.45	2.032	201.45	1.003	201.96
VT-119-55	17366.0	10.08	10.07	0.10%	10.08	20.40	20.30	20.35	2.020	217.83	1.002	218.18
VT-121-55	18836.0	10.04	10.04	0.00%	10.04	20.30	20.40	20.35	2.027	237.92	1.002	238.43
VT-123-55	19603.0	10.03	10.06	0.30%	10.05	20.30	20.20	20.25	2.016	247.36	1.001	247.68
VT-125-55	18623.0	10.03	10.01	0.20%	10.02	20.50	20.40	20.45	2.041	236.17	1.003	236.94
VT-127-55	18562.0	10.07	10.03	0.40%	10.05	20.20	20.40	20.30	2.020	233.99	1.002	234.37
VT-129-55	18543.0	10.01	10.07	0.60%	10.04	20.30	20.50	20.40	2.032	234.22	1.003	234.82
VT-131-55	17926.0	10.01	10.05	0.40%	10.03	20.50	20.30	20.40	2.034	226.88	1.003	227.49
VT-133-55	16561.0	10.04	10.05	0.10%	10.05	20.30	20.20	20.25	2.016	208.98	1.001	209.24
VT-135-55	17648.0	10.01	10.07	0.60%	10.04	20.30	20.30	20.30	2.022	222.91	1.002	223.31
VT-137-55	16353.0	10.03	10.05	0.20%	10.04	20.30	20.30	20.30	2.022	206.56	1.002	206.92
VT-139-55	18601.0	10.05	10.08	0.30%	10.07	20.40	20.40	20.40	2.027	233.79	1.002	234.29
VT-141-55	17757.0	10.07	10.05	0.20%	10.06	20.30	20.30	20.30	2.018	223.40	1.001	223.72
VT-143-55	16380.0	10.06	10.09	0.30%	10.08	20.40	20.40	20.40	2.025	205.46	1.002	205.87
VT-145-55	17975.0	10.06	10.10	0.40%	10.08	20.30	20.30	20.30	2.014	225.25	1.001	225.50
VT-147-55	16076.0	10.09	10.13	0.40%	10.11	20.30	20.40	20.35	2.013	200.26	1.001	200.46
VT-149-55	17360.0	10.05	10.07	0.20%	10.06	20.40	20.40	20.40	2.028	218.41	1.002	218.89
VT-151-55	17552.0	10.12	10.08	0.40%	10.10	20.30	20.40	20.35	2.015	219.08	1.001	219.34
VT-153-55	17543.0	10.03	10.06	0.30%	10.05	20.30	20.30	20.30	2.021	221.37	1.002	221.74
VT-155-55	16079.0	10.08	10.10	0.20%	10.09	20.30	20.30	20.30	2.012	201.09	1.001	201.28
VT-157-55	17353.0	10.10	10.07	0.30%	10.09	20.30	20.30	20.30	2.013	217.24	1.001	217.46
VT-159-55	16904.0	10.13	10.15	0.20%	10.14	20.20	20.10	20.15	1.987	209.33	0.999	209.11
VT-161-55	16306.0	10.10	10.13	0.30%	10.12	20.40	20.30	20.35	2.012	202.92	1.001	203.11
VT-163-55	17509.0	10.11	10.07	0.40%	10.09	20.40	20.30	20.35	2.017	218.97	1.001	219.27
VT-165-55	18461.0	10.07	10.04	0.30%	10.06	20.40	20.40	20.40	2.029	232.49	1.002	233.02

C.12. Resistencia a la compresión a/c=0.55, 28 días, muestras de 4"x8"

CODIGO	P (kgf)	D1 (cm)	D2 (cm)	ΔD (%)	Do (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	Ho (cm)	H/D	f'c (kg/cm2)	K	F'c (kg/cm2)
VT-102-55	26260.0	9.86	9.88	0.20%	9.87	20.10	20.10	20.10	2.036	343.22	1.003	344.22
VT-104-55	27682.0	9.92	9.91	0.10%	9.92	20.10	20.10	20.10	2.027	358.53	1.002	359.31
VT-106-55	24523.0	9.82	9.81	0.10%	9.82	20.00	20.00	20.00	2.038	324.12	1.003	325.10
VT-108-55	23885.0	9.84	9.95	1.12%	9.90	20.20	20.10	20.15	2.036	310.60	1.003	311.51
VT-110-55	26794.0	9.90	9.91	0.10%	9.91	20.10	20.00	20.05	2.024	347.73	1.002	348.40
VT-112-55	26540.0	9.87	9.88	0.10%	9.88	20.10	20.10	20.10	2.035	346.53	1.003	347.51
VT-114-55	28503.0	9.92	9.92	0.00%	9.92	20.00	20.20	20.10	2.026	368.79	1.002	369.56
VT-116-55	28122.0	9.87	9.87	0.00%	9.87	20.10	20.10	20.10	2.036	367.55	1.003	368.63
VT-118-55	28354.0	9.90	9.90	0.00%	9.90	20.20	20.10	20.15	2.035	368.34	1.003	369.39
VT-120-55	26522.0	9.94	9.95	0.10%	9.95	20.00	20.00	20.00	2.011	341.43	1.001	341.74
VT-122-55	29572.0	9.99	10.00	0.08%	9.99	20.10	20.10	20.10	2.011	376.97	1.001	377.31
VT-124-55	27316.0	9.89	9.90	0.10%	9.90	20.00	20.10	20.05	2.026	355.22	1.002	355.97
VT-126-55	28718.0	9.93	9.94	0.10%	9.94	20.00	20.00	20.00	2.013	370.45	1.001	370.84
VT-128-55	27797.0	9.95	9.97	0.20%	9.96	20.00	20.00	20.00	2.008	356.77	1.001	357.00
VT-130-55	26531.0	9.99	10.10	1.10%	10.05	20.10	20.10	20.10	2.001	334.78	1.000	334.81
VT-132-55	27676.0	9.99	10.10	1.10%	10.05	20.10	20.10	20.10	2.001	349.23	1.000	349.26
VT-134-55	27975.0	9.90	9.91	0.10%	9.91	20.30	20.30	20.30	2.049	363.05	1.004	364.49
VT-136-55	23920.0	9.87	9.88	0.10%	9.88	20.10	20.00	20.05	2.030	312.32	1.002	313.08
VT-138-55	23963.0	9.88	9.90	0.20%	9.89	20.10	20.10	20.10	2.032	311.93	1.003	312.74
VT-140-55	27024.0	9.94	9.96	0.20%	9.95	20.00	20.00	20.00	2.010	347.55	1.001	347.83
VT-142-55	25933.0	9.92	9.91	0.10%	9.92	20.10	20.00	20.05	2.022	335.87	1.002	336.47
VT-144-55	28674.0	9.93	9.85	0.81%	9.89	20.40	20.20	20.30	2.053	373.26	1.004	374.83
VT-146-55	23908.0	9.88	9.90	0.20%	9.89	19.90	20.00	19.95	2.017	311.22	1.001	311.64
VT-148-55	26270.0	9.93	9.91	0.20%	9.92	19.80	19.90	19.85	2.001	339.90	1.000	339.92
VT-150-55	26271.0	9.92	9.94	0.20%	9.93	20.00	20.00	20.00	2.014	339.23	1.001	339.61
VT-152-55	26073.0	9.96	9.99	0.30%	9.98	20.00	19.90	19.95	2.000	333.64	1.000	333.64
VT-154-55	25498.0	9.95	9.97	0.20%	9.96	20.10	20.10	20.10	2.018	327.26	1.001	327.74
VT-156-55	28729.0	9.94	9.94	0.04%	9.94	20.20	20.10	20.15	2.028	370.37	1.002	371.18
VT-158-55	24177.0	9.92	9.97	0.50%	9.95	19.90	20.00	19.95	2.006	311.25	1.000	311.40
VT-160-55	24648.0	9.93	9.90	0.30%	9.92	19.90	19.90	19.90	2.007	319.23	1.001	319.41
VT-162-55	26497.0	9.90	9.91	0.10%	9.91	20.10	20.10	20.10	2.029	343.87	1.002	344.68
VT-164-55	24943.0	9.91	9.92	0.10%	9.92	20.10	20.10	20.10	2.027	323.05	1.002	323.76
VT-166-55	24745.0	9.90	9.90	0.00%	9.90	20.10	20.20	20.15	2.035	321.46	1.003	322.37

## ANEXO D: PANEL FOTOGRÁFICO



*Figura N°01. Cuarteo de muestra para obtención de propiedades del agregado fino.*



*Figura N°02. Cuarteo de muestra para obtención de propiedades del agregado global.*

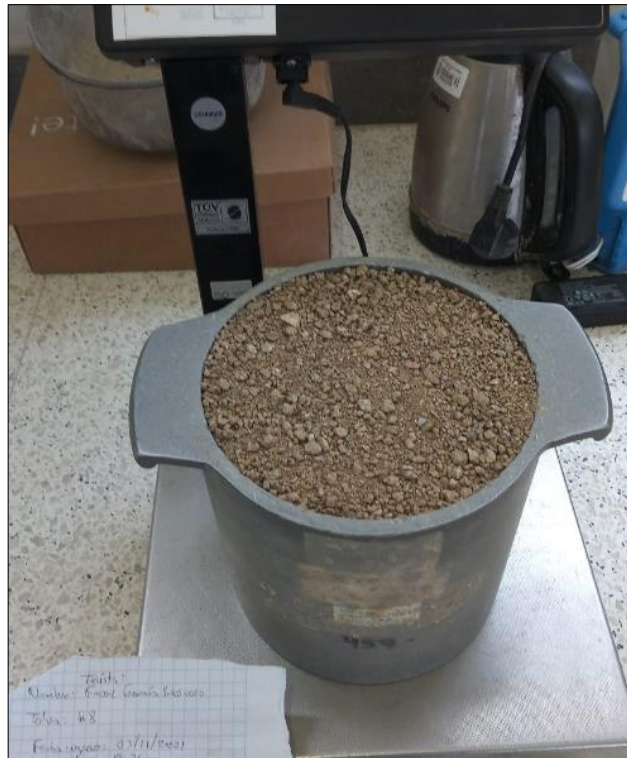


Figura N°03. Determinación del PUS del agregado fino.

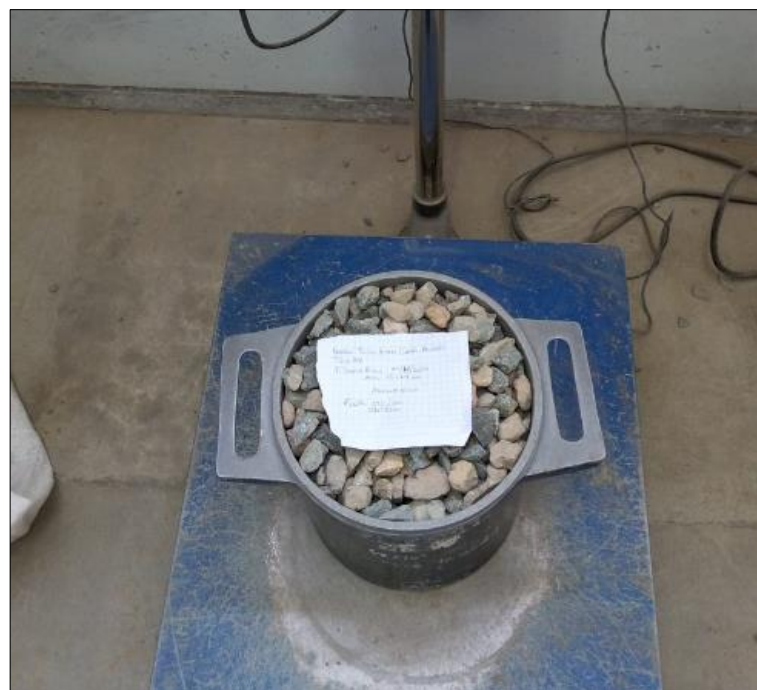


Figura N°04. Determinación del PUC del agregado grueso.



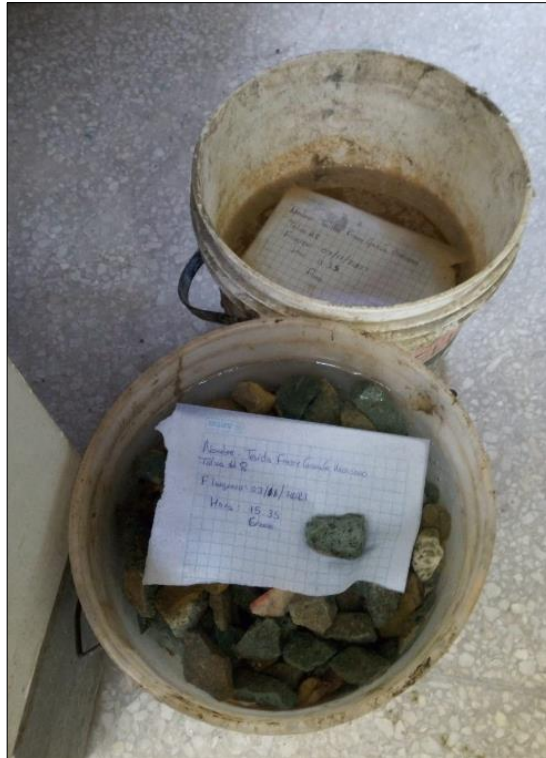


Figura N°05. Saturación de agregado fino y agregado grueso



Figura N°06. Granulometría del agregado grueso



Figura N°06. Granulometría del agregado fino

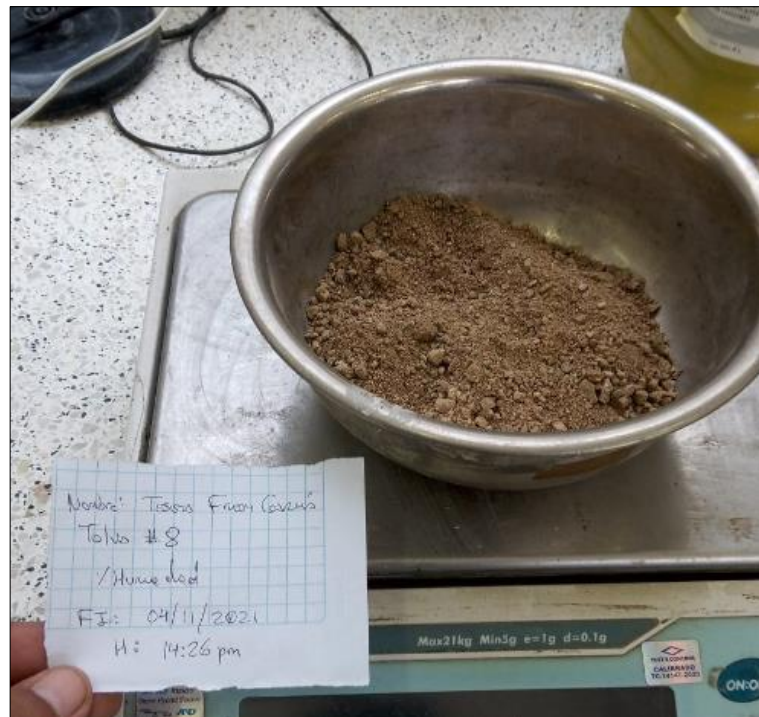


Figura N°07. Determinación de la humedad del agregado fino



Figura N°08. Determinación de la humedad del agregado grueso



Figura N°08. Determinación del peso específico del agregado grueso

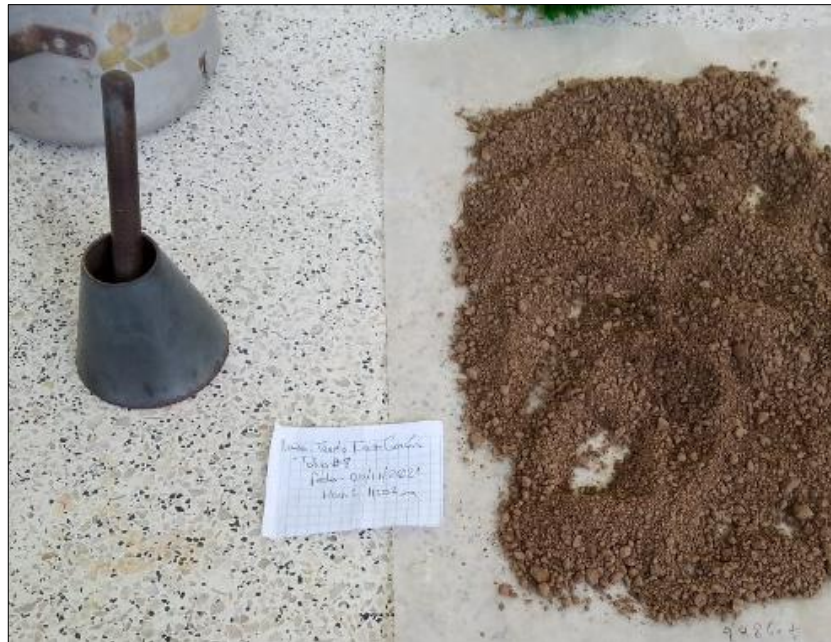


Figura N°08. Determinación de absorción del agregado fino



Figura N°09. Elaboración de muestras para corrección de diseño por resistencia



Figura N°10. Rotura de muestras para corrección de diseño por resistencia



Figura N°11. Rotura de muestras para corrección de diseño por resistencia



Figura N°12. Determinación del asentamiento



Figura N°13. Elaboración de muestras cilíndricas de 4"x8" y 6"x12"



Figura N°14. Desencofrado de muestras cilíndricas para ingreso a poza de curado



Figura N°15. Ingreso de muestras cilíndricas a poza de curado



Figura N°16. Ingreso de muestras cilíndricas de 4"x8" a máquina de compresión



Figura N°17. Muestra cilíndrica de 4"x8" después de ensayo a compresión





Figura N°18. Ingreso de muestras cilíndricas de 6"x12" a máquina de compresión



Figura N°19. Muestra cilíndrica de 6"x12" después de ensayo a compresión



Figura N°20. Preparación en laboratorio de tanda de concreto con mezcladora



Figura N°21. Medición de la penetración para determinación de tiempo de fraguado



Figura N°22. Determinación del índice de fluidez



Figura N°23. Determinación de la exudación del concreto en estado fresco



Figura N°24. Determinación del peso unitario del concreto en estado fresco

## ANEXO E: CERTIFICADO DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



### CONSTANCIA


**EL JEFE (e) DEL LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, deja constancia que:**

El Sr. **FREDY RENZO GARCIA MOSCOSO**, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, solicitó al Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales permiso para la realización de ensayos, en agregados y concreto el marco de la Tesis **"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"**

Se le brindó las facilidades del caso para la realización de dichos ensayos desde el 03 de Noviembre del 2021 hasta el 02 de febrero del 2022.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Lima, 09 de mayo del 2022

  
Ing. OSCAR MIRANDA HOSPITAL  
Jefe (e) de Laboratorio



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

