

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN DISEÑOS DE
CONCRETO CON EL USO DE ADITIVOS SIKA WT-100 Y
SIKA WT-200 EN OBRAS HIDRÁULICAS DE LIMA
METROPOLITANA**

TESIS

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

PRESENTADO POR:

**BACH. GUTIERREZ SANCHEZ, JUAN CARLOS
BACH. SALAZAR RAMIREZ, JUAN DIEGO IVAN**

ASESOR: MG. ING. LILIANA CHAVARRÍA REYES

LIMA – PERÚ

AÑO: 2015

Dedicatoria

*A nuestros padres y hermanos por
su constante soporte y comprensión.*

Agradecimientos

*A las ingenieras Enriqueta Pereyra
y Liliana Chavarría por su constante
apoyo y consejo.*

ÍNDICE TEMÁTICO

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Limitaciones de la investigación.....	4
1.6. Viabilidad de la investigación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. En el ámbito internacional.....	5
2.1.2. En el ámbito nacional.....	10
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Definiciones conceptuales	11
2.2.1.1. Cemento	11
2.2.1.2. Agregado fino.....	14
2.2.1.3. Agregado grueso	15
2.2.1.4. Agua.....	15
2.2.1.5. Aditivos	17
2.2.1.5.1. Sika WT-100	18
2.2.1.5.2. Sika WT-200	21
2.2.1.6. Relación agua - cemento	26
2.2.2. Formulación de la hipótesis	27

2.2.2.1.	Hipótesis general	27
2.2.2.2.	Hipótesis específicas.....	27
2.2.2.3.	Variables	27
2.2.2.4.	Definición conceptual de las variables	27
2.2.2.5.	Operacionalización de las variables.....	28
CAPÍTULO III:	DISEÑO METODOLÓGICO	29
3.1.	Diseño de la investigación	29
3.2.	Población y muestra.....	29
3.3.	Técnicas de recolección de datos	29
3.3.1.	Descripción de los instrumentos	30
3.3.2.	Validez y confiabilidad de los instrumentos	30
3.4.	Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos	30
3.4.1.	Regresión lineal	30
3.4.2.	Prueba de Friedman	31
3.5.	Aspectos éticos	32
CAPÍTULO IV:	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	33
4.1.	Resultados de la investigación.....	33
4.1.1.	Agregado fino	33
4.1.1.1.	Granulometría de la arena	33
4.1.1.2.	Módulo de finura	35
4.1.1.3.	Peso unitario	36
4.1.1.4.	Peso específico.....	39
4.1.1.5.	Porcentaje de absorción	41
4.1.1.6.	Contenido de humedad.....	42
4.1.1.7.	Material que pasa la malla N° 200	43
4.1.2.	Agregado grueso	45
4.1.2.1.	Granulometría	45
4.1.2.2.	Peso unitario	47
4.1.2.3.	Peso específico.....	50
4.1.2.4.	Porcentaje de absorción	53

4.1.2.5.	Contenido de humedad.....	55
4.1.2.6.	Material que pasa por la malla N° 200	56
4.1.3.	Diseño de mezclas de concreto	57
4.1.3.1.	Método de volúmenes absolutos	59
4.1.3.2.	Diseño de mezclas con aditivos.....	68
4.1.3.2.1.	Diseño de mezclas con aditivos Sika WT-100	68
4.1.3.2.2.	Diseño de mezclas con aditivos Sika WT-200	77
4.2.	Análisis e interpretación de los resultados	86
4.2.1.	Ensayos de concreto fresco.....	86
4.2.1.1.	Slump flow	86
4.2.1.2.	Peso unitario	89
4.2.1.3.	Contenido de aire (NTP 339.036)	91
4.2.2.	Concreto endurecido.....	94
4.2.2.1.	Ensayo para determinar la resistencia a la compresión (NTP 339.034)	94
4.2.2.2.	Ensayo para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión (EN 12390-8)	111
4.2.2.3.	Ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua (NTC 4483)	115
4.3.	Contrastación de hipótesis.....	125
4.3.1.	Contrastación de la primera hipótesis.....	125
4.3.1.1.	Prueba de regresión lineal	126
4.3.1.2.	Prueba de Friedman	145
4.3.2.	Contrastación de la segunda hipótesis	147
4.3.2.1.	Prueba de regresión lineal (resistencia a la compresión a los 3 días)	147
4.3.2.2.	Prueba de regresión lineal (resistencia a la compresión a los 7 días)	166
4.3.2.3.	Prueba de regresión lineal (resistencia a la compresión a los 28 días)	187

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	209
5.1. Discusión análisis de resultados	209
Conclusiones	210
Recomendaciones	212
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	213
ANEXOS	215

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características químicas del cemento Portland Tipo I	13
Tabla 2. Características físicas del cemento Portland Tipo I	14
Tabla 3. Requisitos y normas del agua	17
Tabla 4. Operacionalización de las variables e indicadores.....	28
Tabla 5. Límites granulométricos del agregado fino.....	33
Tabla 6. Resumen de los ensayos del agregado fino	34
Tabla 7. Peso unitario suelto del agregado fino	37
Tabla 8. Peso unitario compactado del agregado fino	38
Tabla 9. Peso específico de masa (G) del agregado fino	39
Tabla 10. Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G _{ss}) del agregado fino	40
Tabla 11. Peso específico aparente (G _a) del agregado fino	41
Tabla 12. Porcentaje de absorción del agregado fino	42
Tabla 13. Contenido de humedad del agregado fino	43
Tabla 14. Material que pasa la malla N° 200 del agregado fino	44
Tabla 15. Resumen de los ensayos del agregado grueso	46
Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado grueso	48
Tabla 17. Peso unitario compactado del agregado grueso	49
Tabla 18. Peso específico de masa del agregado grueso	51
Tabla 19. Peso específico aparente del agregado grueso	52
Tabla 20. Peso específico de masa saturado superficialmente seco del agregado grueso.	53
Tabla 21. Porcentaje de absorción del agregado grueso.....	54
Tabla 22. Contenido de humedad del agregado grueso	55
Tabla 23. Material que pasa la malla N° 200 del agregado grueso.....	56
Tabla 24. Dosificación de materiales por m ³	59
Tabla 25. Diseño patrón LEM-159-15 (relación a/c=0.75).....	60
Tabla 26. Diseño patrón LEM-160-15 (relación a/c=0.70).....	61

Tabla 27. Diseño patrón LEM-161-15 (relación $a/c=0.65$).....	62
Tabla 28. Diseño patrón LEM-170-15 (relación $a/c=0.60$).....	63
Tabla 29. Diseño patrón LEM-171-15 (relación $a/c=0.55$).....	64
Tabla 30. Diseño patrón LEM-172-15 (relación $a/c=0.50$).....	65
Tabla 31. Diseño patrón LEM-180-15 (relación $a/c=0.45$).....	66
Tabla 32. Diseño patrón LEM-181-15 (relación $a/c=0.40$).....	67
Tabla 33. Diseño WT 100 LEM-187-15 (relación $a/c=0.75$)	69
Tabla 34. Diseño WT 100 LEM-188-15 (relación $a/c=0.70$)	70
Tabla 35. Diseño WT 100 LEM-189-15 (relación $a/c=0.65$)	71
Tabla 36. Diseño WT 100 LEM-190-15 (relación $a/c=0.60$)	72
Tabla 37. Diseño WT 100 LEM-191-15 (relación $a/c=0.55$)	73
Tabla 38. Diseño WT 100 LEM-192-15 (relación $a/c=0.50$)	74
Tabla 39. Diseño WT 100 LEM-203-15 (relación $a/c=0.45$)	75
Tabla 40. Diseño WT 100 LEM-204-15 (relación $a/c=0.40$)	76
Tabla 41. Diseño WT 200 LEM-205-15 (relación $a/c=0.75$)	78
Tabla 42. Diseño WT 200 LEM-212-15 (relación $a/c=0.70$)	79
Tabla 43. Diseño WT 200 LEM-211-15 (relación $a/c=0.65$)	80
Tabla 44. Diseño WT 200 LEM-210-15 (relación $a/c=0.60$)	81
Tabla 45. Diseño WT 200 LEM-213-15 (relación $a/c=0.55$)	82
Tabla 46. Diseño WT 200 LEM-214-15 (relación $a/c=0.50$)	83
Tabla 47. Diseño WT 200 LEM-215-15 (relación $a/c=0.45$)	84
Tabla 48. Diseño WT 200 LEM-221-15 (relación $a/c=0.40$)	85
Tabla 49. Slump Flow del diseño patrón	87
Tabla 50. Slump Flow del diseño WT – 100.....	87
Tabla 51. Slump Flow del diseño WT – 200.....	88
Tabla 52. Capacidad del recipiente para el ensayo de peso unitario	90
Tabla 53. Contenido de aire del diseño patrón.....	92
Tabla 54. Contenido de aire del diseño WT – 100	92
Tabla 55. Contenido de aire del diseño WT – 200	93
Tabla 56. Tolerancia de tiempo.....	95

Tabla 57. Resistencia a la compresión en función al tiempo de curado (en kg/cm ²)....	97
Tabla 58. Resistencia a la compresión a los 3 días	101
Tabla 59. Resistencia a la compresión a los 7 días	104
Tabla 60. Resistencia a la compresión a los 28 días	107
Tabla 61. Relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración.....	115
Tabla 62. Profundidad de penetración de agua bajo presión	122
Tabla 63. Datos de permeabilidad a los 28 días para ingresar al programa SPSS V22.....	126
Tabla 64. Estadísticos descriptivos datos de permeabilidad a los 28 días del diseño patrón.	126
Tabla 65. Coeficientes de los datos de permeabilidad del diseño patrón.	128
Tabla 66. Modelo de regresión de los datos de permeabilidad del diseño patrón.	129
Tabla 67. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de permeabilidad del diseño patrón.....	130
Tabla 68. Estadísticos descriptivos datos de permeabilidad a los 28 días del diseño WT 100.	133
Tabla 69. Coeficientes de los datos de permeabilidad del diseño WT 100.	134
Tabla 70. Modelo de regresión de los datos de permeabilidad del diseño WT 100. ...	135
Tabla 71. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de permeabilidad del diseño WT 100	136
Tabla 72. Estadísticos descriptivos datos de permeabilidad a los 28 días del diseño WT 200.	139
Tabla 73. Coeficientes de los datos de permeabilidad del diseño WT 200.	140
Tabla 74. Modelo de regresión de los datos de permeabilidad del diseño WT 200. ...	141
Tabla 75. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de permeabilidad del diseño WT 200	142
Tabla 76. Rangos promedio de los diseños de concreto	146
Tabla 77. Resultados de la prueba de Friedman	146

Tabla 78. Datos de resistencia a la compresión a los 3 días para ingresar al programa SPSS V22.....	147
Tabla 79. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 3 días del diseño patrón.....	148
Tabla 80. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días.....	149
Tabla 81. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días.....	150
Tabla 82. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días.....	151
Tabla 83. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 3 días del diseño WT – 100.....	154
Tabla 84. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días.....	155
Tabla 85. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días.....	156
Tabla 86. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días.....	157
Tabla 87. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 3 días del diseño WT – 200.....	160
Tabla 88. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días.....	161
Tabla 89. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días.....	162
Tabla 90. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días.....	163
Tabla 91. Datos de resistencia a la compresión a los 7 días para ingresar al programa SPSS V22.....	166
Tabla 92. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño patrón.....	167

Tabla 93. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño Patrón a los 7 días.	169
Tabla 94. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días.....	170
Tabla 95. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días	171
Tabla 96. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño WT – 100.....	174
Tabla 97. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días.....	175
Tabla 98. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días.....	176
Tabla 99. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días.....	177
Tabla 100. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño WT – 200.....	180
Tabla 101. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días.....	182
Tabla 102. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días.....	183
Tabla 103. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días.....	184
Tabla 104. Datos de resistencia a la compresión a los 28 días para ingresar al programa SPSS V22.....	187
Tabla 105. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño patrón.....	188
Tabla 106. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño Patrón a los 28 días.	190
Tabla 107. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días.....	191

Tabla 108. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días	192
Tabla 109. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño WT 100.....	195
Tabla 110. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días.....	197
Tabla 111. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días.....	198
Tabla 112. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días.....	199
Tabla 113. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño WT – 200.....	202
Tabla 114. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días.....	204
Tabla 115. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días.....	205
Tabla 116. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días.....	206

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo del aditivo Sika WT 100.	18
Figura 2. Mecanismo del aditivo Sika WT 200.	22
Figura 3. Trazo de una recta cualquiera por entre los puntos del diagrama de dispersión.	31
Figura 4. Slump Flow	88
Figura 5. Contenido de aire	93
Figura 6. Resistencia a la compresión del concreto patrón.....	98
Figura 7. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sika WT – 100	99
Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sika WT – 200	100
Figura 9. Resistencia a la compresión a los 3 días	102
Figura 10. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento a los 3 días	103
Figura 11. Resistencia a la compresión a los 7 días	105
Figura 12. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento a los 7 días	106
Figura 13. Resistencia a la compresión a los 28 días	108
Figura 14. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento a los 28 días	109
Figura 15. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento	110
Figura 16. Ejemplo de dispositivo de ensayo según UNE – EN 12390 – 8.....	112
Figura 17. Dispositivo de ensayo según NTC 4483	117
Figura 18, 19 y 20. Ensayos de permeabilidad	121
Figura 21, 22 y 23. Ensayos de permeabilidad	121
Figura 24. Profundidad de penetración de agua bajo presión.....	123
Figura 25. Profundidad de penetración de agua bajo presión.....	124
Figura 26. Recta de regresión de datos de permeabilidad del diseño patrón	131
Figura 27. Recta de regresión de datos de permeabilidad del diseño WT 100.....	137
Figura 28. Recta de regresión de datos de permeabilidad del diseño WT 200.....	143
Figura 29. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días.....	152

Figura 30. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días	158
Figura 31. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días	164
Figura 32. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días.....	172
Figura 33. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días	178
Figura 34. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días	185
Figura 35. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días.....	193
Figura 36. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días	200
Figura 37. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días	207

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	216
Anexo 2. Certificado de calibración de la máquina de compresión axial electro- hidráulica.....	217
Anexo 3. Resultados de medición de la máquina de compresión axial electro- hidráulica.....	218
Anexo 4. Certificado de calibración del manómetro de equipo de permeabilidad	219
Anexo 5. Resultados de medición del manómetro de equipo de permeabilidad.....	220

RESUMEN

Esta tesis tiene un enfoque cuantitativo, la cual propone evaluar la influencia de la permeabilidad en diseños de concreto con el uso de aditivos Sika WT – 100 y Sika WT – 200 en obras hidráulicas de Lima Metropolitana, debido a que estas estructuras almacenan y/o conducen grandes volúmenes de agua a una velocidad determinada, y éstas al tener contacto con el agua reducen su vida útil. Los objetivos de esta tesis son determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión bajo la Norma Europea EN 12390 – 8 y la resistencia a la compresión bajo la Norma Técnica Peruana NTP 339.034; para finalmente, determinar la permeabilidad para diseños de concreto bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 4483. Para lograr los objetivos mencionados, se diseñó y elaboró 144 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura y 48 probetas cilíndricas de concreto de 15 cm de diámetro y de altura, de las cuales fueron 64 probetas de concreto patrón (sin uso de ningún aditivo), 64 probetas de concreto con aplicación de 2% de aditivo Sika WT – 100; y 64 probetas de concreto con aplicación de 1% de aditivo Sika WT – 200. Los resultados de los diseños de concreto patrón, WT – 100 y WT – 200 con una relación agua/cemento de 0.40, con respecto a la profundidad de penetración de agua bajo presión, fueron 40, 30 y 15 mm, respectivamente. Los resultados de los diseños de concreto patrón, WT – 100 y WT – 200, con respecto a la resistencia a la compresión a los 28 días con una relación agua/cemento de 0.40, fueron 637, 621 y 632 kg/cm², respectivamente. Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4483 y con los resultados obtenidos, se concluye que el diseño de concreto patrón y el diseño de concreto WT – 100 alcanzan una media permeabilidad y que el diseño de concreto WT – 200 alcanza una baja permeabilidad, con una relación agua/cemento de 0.40.

Palabras claves: Permeabilidad, diseños de concreto, aditivos, profundidad de penetración de agua bajo presión, resistencia a la compresión, relación agua/cemento.

ABSTRACT

This thesis has a quantitative focus, that propose to evaluate the influence of permeability concrete designs with the use of admixtures Sika WT – 100 and Sika WT – 200 in Metropolitan Lima waterworks, because these structures store and lead large volumes of water at a certain speed, and when these has contact with water reduces their useful life. The objectives of this thesis are to determine the depth of penetration of water under pressure under the European Norm EN 12390-8 and compressive strength under the Peruvian Technical Norm NTP 339.034; finally, determine the permeability of concrete designs under the Colombian Technical Norm NTC 4483. To achieve these objectives, we designed and developed 144 cylindrical concrete specimens 10 cm in diameter and 20 cm high and 48 cylindrical concrete specimens 15 cm in diameter and height, which were 64 concrete specimens pattern (without use of any admixture) concrete specimens 64 with application of 2% admixture Sika WT - 100; and 64 concrete specimens with application of 1% admixture Sika WT - 200. The results of pattern, WT – 100 and WT - 200 concrete designs with a water – cement ratio of 0.40, with respect to the depth of penetration of water under pressure, were 40, 30 and 15 mm, respectively. The results of pattern, WT – 100 and WT - 200 concrete designs with a water – cement ratio of 0.40, with respect to compressive strength at 28 days, were 637, 621 and 632 kg/cm², respectively. According to the Colombian Technical Norm NTC 4483 and the obtained results, one can conclude that the pattern concrete design and WT - 100 concrete design reach a medium permeability and concrete design WT - 200 reaches a high permeability, with a water – cement ratio of 0.40.

Keywords: Permeability, concrete design, admixture, depth of penetration of water under pressure, compressive strength, water – cement ratio.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo incluye literatura existente sobre el tema de la influencia de diferentes variables sobre la permeabilidad del concreto y sobre métodos para su medición, con el fin de establecer parámetros, recomendaciones y especificaciones que definan los pasos a seguir para la obtención de concretos de baja permeabilidad.

Los primeros tres capítulos abarcan la presentación del problema, la definición de los objetivos del estudio, el planteamiento de la metodología que se utiliza y la exposición de antecedentes pertinentes. El cuarto capítulo constituye la presentación de resultados. En el quinto capítulo, se plantean las especificaciones para el diseño de mezclas en función de su permeabilidad y se relacionan las conclusiones obtenidas en el desarrollo del trabajo.

Los resultados obtenidos pueden aplicarse directamente, no solo en el campo académico y normativo, sino también en el práctico, ya que las industrias productoras de concretos y las constructoras se pueden beneficiar ante cualquier avance en cuanto al conocimiento y aplicación de diseño y verificación de las propiedades del concreto.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Las obras hidráulicas como tanques, estructuras enterradas, presas, entre otras, son diseñadas con un concreto que se encuentra en contacto con el agua. Los problemas de permeabilidad del concreto van más allá de impedir la entrada o salida de agua; también, implica impedir o disminuir la aparición de eflorescencias, aminorar los riesgos de corrosión del acero, de carbonatación y la acción de hielo/deshielo. (Hermida, 2014)

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 influyen en la permeabilidad en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida la dosificación de los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 influyen en la determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión de los diseños de concreto en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana?
- ¿En qué medida la relación agua/cemento afecta la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 Y Sika WT-200 en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la permeabilidad en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana aplicando los aditivos Sika WT – 100 y Sika WT – 200 a los diseños de concreto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión de los diseños de concreto en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana, aplicando los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200.
- Determinar la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 Y Sika WT-200 en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana, aplicando diferentes relaciones agua/cemento.

1.4. Justificación de la investigación

El uso de concreto en obras hidráulicas es fundamental, debido a que estas estructuras almacenan y/o conducen grandes volúmenes a una velocidad determinada de agua; por lo tanto, vemos necesario impermeabilizar el concreto con aditivos de última tecnología como son el Sika WT-100 y Sika WT-200, para aumentar la vida útil del concreto reforzado, reducir costos en la construcción y mantenimiento de la estructura y evitar la pérdida de agua. El agua es un elemento indispensable de desarrollo y su disponibilidad es un indicador del nivel de vida de un país; sin embargo, la escasez de agua y la pobre calidad de la misma están ocasionando serios riesgos en la seguridad alimenticia, en la salud humana, en el bienestar económico y social y en la biodiversidad. Las obras hidráulicas, independientemente de su tamaño, transforman positivamente la calidad de vida de la gente, porque las presas permiten almacenar agua y aprovecharla para fines tan

relevantes como la generación de energía eléctrica, el consumo humano y el abastecimiento del campo y de la industria.

1.5. Limitaciones de la investigación

En la presente investigación se diseñó la mezcla de concreto con ocho (08) diferentes relaciones agua/cemento (0.75, 0.70, 0.65, 0.60, 0.55, 0.50, 0.45 y 0.40). El tiempo de curado del concreto fue de 28 días.

Para la determinación de resistencia a la compresión se hizo ensayos a los 3, 7 y 28 días.

Para la determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión según la norma EN 12390-8, se hizo uso de los dispositivos de medición de la permeabilidad del concreto a los 28 días. Se aplicaron los aditivos Sika WT – 100 y Sika WT – 200 (reductores de permeabilidad).

1.6. Viabilidad de la investigación

La evaluación de la permeabilidad en un diseño de concreto con el uso de aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 en obras hidráulicas de Lima Metropolitana, es una investigación viable debido a que se empleó el método de presión de agua, el cual implica exponer veinticuatro (24) probetas de concreto endurecido a una columna de presión de agua por una de sus caras. Este análisis experimental en laboratorio tomó un tiempo de dos (02) meses. Adicionalmente, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, los cuales tomaron un tiempo de dos (02) meses. El tiempo requerido para realizar la tesis es de cinco (05) meses; por lo tanto, se cumplió con el tiempo ya mencionado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. En el ámbito internacional

Oquendo, E. (2013). Evaluación y Selección de Aditivos Impermeabilizantes para concreto con resistencia de 450kgf/cm². Miranda, Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar.

La construcción del Metro de los Teques se basa en la sucesión de anillos de concreto armado cuyas piezas que conforman dicha estructura se denomina dovelas. El concreto es un material compuesto principalmente por cemento, agregados y agua. Durante el proceso de fraguado, debido principalmente a que el volumen de los productos sólidos formados en la hidratación del concreto es menor a la suma de los volúmenes absolutos, el concreto resultante presenta espacios residuales mejor conocidos como porosidad. Dicha porosidad en presencia de algún fluido actúa como su vía de ingreso; las condiciones subterráneas a las cuales se encuentran sometidas las dovelas involucran presencia de agua la cual al entrar en contacto con las cabillas que conforman el refuerzo metálico del concreto armado genera corrosión que afecta la integridad de la estructura de concreto armado.

Una solución para minimizar el ingreso de agua en las dovelas es la incorporación de aditivos impermeabilizantes en las mezclas de concreto. El presente trabajo se fundamenta en evaluar el de 4 tipos de aditivos impermeabilizantes: S-1, X-130, PA y SL. En una primera fase del proyecto se evaluó la porosidad y resistencia mecánica en las cuales los aditivos S-1 y X-130 obtuvieron los mejores resultados. Adicionalmente, estos fueron evaluados en cuanto a las propiedades de absorción de un fluido presurizado y de permeabilidad al ion. Adicionalmente fueron sometidos a una

validación estadística de sus propiedades mecánicas y los resultados obtenidos muestran que la incorporación de los aditivos impermeabilizantes disminuye la penetración del agua en el concreto, lo cual prolonga la integridad de la estructura. La resistencia mecánica promedio obtenido por el aditivo S-1 fue $491 \pm 38 \text{ kgf/cm}^2$ con un cuantil entre 15-20%, en comparación con el aditivo X-130 que tuvo una resistencia de $503 \pm 40 \text{ kgf/cm}^2$ y un cuantil entre 10-15%, lo que sugiere la necesidad de optimizar más las mezclas.

Se concluye, la comparación de los diversos aditivos impermeabilizantes permitió descartar rápidamente el aditivo SL, por la formación de espuma y los subsecuentes problemas de dosificación y heterogeneidad. El aditivo PA (polvoriento) presento irregularidades en la resistencia a la compresión que se presumen por el método de dispersión en el volumen de concreto durante su elaboración.

Los aditivos X-130 y S-1 (presentados en forma líquida) mostraron mejoras en las propiedades a edades tempranas de ensayo (10 días) durante la prueba de permeabilidad al agua. El Aditivo S-1 mostro la menor absorción, significando la mayor resistencia a la penetración de fluidos sometidos a presión, resultando en un beneficio con respecto al diseño patrón

El ensayo de permeabilidad al ion cloruro dictado por la norma C1202 clasifico a las muestras evaluadas (Patrón, S-1, X- 130) como baja permeabilidad a dicho ion (Cl⁻). No obstante, el patrón exhibe mejor desempeño que con los aditivos, tal vez debido a la naturaleza química de los aditivos.

El análisis de costos indica que el aditivo más ventajoso es también el de mayor costo de las dovelas: el S-1, Sin embargo, dicho aditivo se comercializa bajo la moneda nacional siendo así una opción más

sencilla en la comercialización

Por otra parte, en la validación del diseño con S-1 y X-130, el cuantil obtenido en tanto fue mayor al especificado según la normativa Venezolana (9%), necesitando un mayor control en el estudio de la resistencia a la compresión, o un valor más bajo de la relación agua/cemento.

Bornand, J. (2012). Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos Portland Puzolánicos. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.

El objetivo principal de este estudio es investigar sobre el desempeño de hormigones con aditivos de impermeabilización por cristalización, particularmente el grado de mejoramiento de las propiedades de durabilidad, en hormigones confeccionados con cementos Pórtland puzolánicos, los cuales abarcan mayormente la industria nacional. Este estudio es de carácter comparativo, en donde se evalúa el comportamiento de hormigones y morteros con aditivo impermeabilizante por cristalización en comparación a sus respectivos hormigones y morteros patrones. Se confeccionaron dos series de hormigones de prueba, diferenciándose cada una, principalmente, por su dosis de cemento. Una serie posee una dosis de cemento de 280 kg/m^3 , mientras que la otra serie fue confeccionada con una dosis de 360 kg/m^3 . En cada serie se elaboraron dos hormigones, uno patrón y otro al cual se le incorporó el aditivo de impermeabilización, en una dosis de un 0,8% con respecto a la dosis de cemento. Además de hormigones, se elaboraron morteros de prueba para algunos ensayos específicos, en donde se utilizaron los mismos materiales que para los hormigones de prueba. El programa experimental propuesto abarcó ensayos

enfocados a una caracterización general del hormigón y ensayos dirigidos a evaluar propiedades de durabilidad. Se consideraron ensayos con el objeto de evaluar el comportamiento en permeabilidad, ataques internos, ataques externos y, considerando que una de las particularidades de los hormigones a los que se les incorpora aditivos de impermeabilización por cristalización es el potencial de auto sellado de fisuras, se planteó una experiencia para evaluar el auto sellado en probetas cilíndricas a las cuales se les induce una fisura diametral, evaluando el flujo filtrante por la fisura ante una carga variable de presión hidráulica.

Con respecto a las propiedades referentes a la durabilidad del hormigón; se concluye que en los hormigones confeccionados con cementos Pórtland puzolánicos el aditivo de impermeabilización por cristalización empleado mejora las características de impermeabilidad del hormigón, como la absorción capilar y el índice de vacíos permeables, cualidades importantes al momento de evaluar la entrada de agentes solubles agresivos. Además, se pudo observar que es posible mejorar las características de impermeabilidad de un hormigón al incorporar aditivo de impermeabilización por cristalización, haciéndolas comparables a un hormigón con mayor dosis de cemento. Por otra parte, se evidenció que el aditivo de impermeabilización por cristalización mejora el comportamiento de los hormigones ante ataques internos, correspondientes a reacciones de los álcalis del cemento con agregados pétreos reactivos (reacción álcali árido).

Trejos, M. (2010). Beneficios de los aditivos por cristalización en el concreto. San José: Intaco.

El concreto es un material poroso por naturaleza, con microfisuras, vacíos y capilares que principalmente se forman en las primeras

etapas de curado. Cuanto mejor conectados están estos vacíos, más permeable es el concreto y más propenso a los daños causados por la entrada de agua y agentes corrosivos. Sin embargo, la tecnología hoy en día permite prácticamente eliminar la porosidad del concreto y muchas de sus debilidades inherentes, con lo cual se incrementa su durabilidad.

Se concluye, los beneficios de los aditivos por cristalización son: previenen la corrosión del acero al impedir que el agua y químicos penetren el concreto y al mantener un sano ambiente alcalino; hacen que el concreto sea más resistente a químicos agresivos, al PH bajo y a agentes de intemperie como la lluvia ácida y el ambiente salino; aumentan la vida del concreto y previenen muchos gastos en mantenimiento; evitan daños por ciclos de congelamiento/descongelamiento y; previenen la reacción álcali-sílice, ya que no permite la presencia del agua que la reacción requiere.

Olivares, J. (2007). Estudio del Grado de Permeabilidad del Hormigón haciendo uso de aditivos y sin el uso de los mismos. Oruro, Bolivia: Universidad Técnica de Oruro.

El principal objetivo del presente proyecto es el, “Estudio del grado de permeabilidad del hormigón, haciendo uso de aditivos y sin el uso de los mismos”. Entonces por medio de este estudio observaremos el comportamiento que tiene el Ho respecto, al “grado de filtración” y al “grado de penetración de agua” en la matriz de este, bajo una determinada presión de agua y bajo determinadas condiciones. Pero a la vez se quiere obtener un Ho con buenas propiedades, en nuestro caso la principal será que tenga una baja permeabilidad (bajo grado de filtración y penetración de agua), o sea, que este sea más durable, ya que este tipo de prueba y estudio es un parámetro para

poder obtener hormigones con mejores cualidades, en el momento del diseño y dosificado.

Se concluye que la permeabilidad del Ho está influida principalmente por la porosidad de cada uno de sus componentes y de sí mismo. Entonces para obtener un Ho con baja permeabilidad es necesario lograr su mínima porosidad mediante su óptima compacidad, pero esto depende de:

La calidad de los materiales, de un método de dosificación adecuado, de las relaciones a/c, del tamaño y granulometría del agregado grueso, de los aditivos reductores de agua, de los procesos (de mezclado, transporte, colocado y compactado), del tiempo de hidratación, del tipo de cemento, y de ejecutar en forma correcta las prácticas de diseño y construcción, entre otras.

Los resultados nos aclaran que un Ho no tiene un desempeño prácticamente impermeable en obra, y que estudiar la permeabilidad del Ho al agua, es un buen parámetro para observar el comportamiento de la permeabilidad.

2.1.2. En el ámbito nacional

En el Perú existe poca investigación acerca de la permeabilidad y se carece de normatividad para este tema tan importante.

2.2. Bases teóricas

La definición de concreto “impermeable” es similar a la de un concreto de alta resistencia. Es decir, se define la propiedad del material como tal y no su funcionamiento en la estructura. Un concreto de alta resistencia es aquel que cuenta con una resistencia a la compresión superior a 60 MPa (independientemente de su edad). Si se usa este concreto para constituir una columna con sección insuficiente o se le sobrecarga, esta columna

fallará, sin que el concreto haya dejado de ser de alta resistencia. Un concreto “impermeable” debería denominarse en realidad como concreto de baja permeabilidad, puesto que la definición de “impermeable” podría asociarse a la definición de “irrompible”. Así, los concretos conocidos hoy como “impermeable” con espesor insuficiente o con la suficiente presión, el agua si podría atravesarlos. (Hermida, 2014)

2.2.1. Definiciones conceptuales

2.2.1.1. Cemento

Según la norma ASTM C – 150, el cemento Portland es definido como el producto obtenido de la pulverización muy fina del clinker, el cual está constituido esencialmente de silicato de calcio hidráulico; posteriormente a la calcinación, se le adiciona agua y sulfato de calcio (yeso).

La norma ASTM C – 150 clasifica el cemento Portland en cinco diferentes tipo de acuerdo a las propiedades de los cuatros compuestos principales: Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V.

Se presenta en forma de un polvo finísimo, de color gris que, mezclado con agua, forma una pasta que endurece tanto bajo agua como en el aire. La primera de estas características es que necesita agua para el fraguado y se define como un aglomerante hidráulico.

Es obtenido mediante un proceso de fabricación que utiliza principalmente dos materias primas: caliza, con un alto contenido de cal en forma de óxidos de calcio, y un componente rico en sílice, constituido normalmente por arcilla o eventualmente por una escoria de alto horno.

Estos componentes son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión incipiente en

un horno rotatorio, del cual se obtiene un material granular denominado clinker, constituido de cuatro (04) compuestos básicos:

a) Silicato Tricálcico C_3S (30 – 60%)

Define la resistencia inicial en la primera semana y tiene mucha importancia en el proceso de hidratación.

b) Silicato Dicálcico C_2S (15 – 37%)

Define la resistencia a largo plazo y tiene menor incidencia en el calor de hidratación.

c) Aluminato Tricálcico C_3A (7 – 15%)

Acelera el endurecimiento en las primeras horas, también es responsable de la resistencia del cemento y los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas.

d) Aluminio-Férrico Tetracálcico C_4AF (8 – 10%)

Tiene la trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Estos compuestos son presentados en forma de cuatro fases mineralizadas en conjunto con una fase vítrea integrada por los dos últimos.

Características del Cemento Sol Tipo I

En la presente tesis se utilizó el Cemento Portland Tipo I, marca “SOL”, el cual tiene como calidad la norma ASTM C – 150 y la NTP 334.009. Este tipo de cemento es de uso general en la construcción, donde no se requiere que el cemento tenga alguna propiedad particular. En la tabla 1 y 2

se presentan las características químicas y físicas, respectivamente.

Tabla 1. Características químicas del cemento Portland Tipo I

Elemento	Sol Tipo I
Óxido de Calcio, CaO (%)	63.20
Óxido de Sílice, SiO ₂ (%)	19.79
Óxido de Aluminio, Al ₂ O ₃ (%)	6.15
Óxido de Hierro, Fe ₂ O ₃ (%)	2.82
Óxido de Potasio, K ₂ O (%)	0.96
Óxido de Sodio, Na ₂ O (%)	0.28
Trióxido de Azufre, SO ₃ (%)	2.58
Óxido de Magnesio, MgO (%)	3.16
Cal Libre (%)	0.52
Punto de Ignición (%)	0.80
Residuos Insolubles (%)	0.62
CaO Libre (%)	0.52
Álcalis (%)	0.91

Fuente: ASTM C – 150 (2007). Elaboración: Propia

Tabla 2. Características físicas del cemento Portland Tipo I

Elemento	Sol Tipo I
Peso específico (g/cm ³)	3.11
Fineza Malla 100 (%)	0.04
Fineza Malla 200 (%)	4.14
Superficie Específico Blaine (cm ² /g)	34.77
Contenido de Aire (%)	9.99
Expansión en Autoclave (%)	0.18
Fraguado Inicial Vicat (h:min)	01:49
Fraguado Final Vicat (h:min)	03:29
f'c a 3 días (kg/cm ²)	254
f'c a 7 días (kg/cm ²)	301
f'c a 28 días (kg/cm ²)	357
Calor de hidratación, 7 días (cal/g)	70.60
Calor de hidratación, 28 días (cal/g)	84.30

Fuente: ASTM C – 150 (2007). Elaboración: Propia

2.2.1.2. Agregado fino

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas limpias; de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes; libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas para el concreto.

El agregado fino que se obtuvo para la elaboración de la presente tesis, es arena lavada proveniente de la Cantera Jicamarca.

2.2.1.3. Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material proveniente de la desintegración natural o artificial, retenida en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.012 o ASTM C 33. Para la siguiente investigación se trabajó con piedra chancada Huso 67, cuya procedencia es de la cantera Jicamarca.

2.2.1.4. Agua

Se entiende por agua de mezclado a la cantidad de agua total contenida en el concreto fresco. Esta cantidad es utilizada para el cálculo de la relación agua/cemento (a/c) y está compuesta por el agua agregada a la mezcla y la humedad superficial de los agregados.

El agua de amasado cumple una doble función en el concreto; por un lado permite la hidratación del cemento, y por el otro es indispensable para asegurar la trabajabilidad y la buena compactación del concreto.

Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatas o minerales; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos industriales; aguas con contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados; igualmente aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de

potasio disueltas, que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o la durabilidad del concreto o sobre las armaduras.

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elemento embebidos.

Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas en la medida que no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad de volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.

Requisitos y normas:

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 y ser de preferencia, potable. Se considerarán aptas para el mezclado del concreto el empleo de aguas no potables cuyas propiedades y contenidos en sustancias disueltas sean como máximo las siguientes mostradas en la tabla 3.

Tabla 3. Requisitos y normas del agua

Requisitos	Unidad	Máximo
Cloruros	ppm	300
Sulfatos	ppm	300
Sales de magnesio	ppm	125
Sales solubles	ppm	500
PH	ppm	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	ppm	500
Materia orgánica expresada en oxígeno	ppm	10

Fuente: NTP 339.088. Elaboración: Propia

2.2.1.5. Aditivos

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del American Concrete Institute como por la Norma ASTM C 125, como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a éstos durante el mezclado a fin de:

- a) Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está efectuando.
- b) Facilitar su colocación.
- c) Reducir los costos de operación.

La decisión sobre el empleo de aditivos debe considerarse en casos de:

- a) Su utilización puede ser la única alternativa para lograr los resultados deseados.
- b) Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambio en la composición o proporciones de la mezcla.

2.2.1.5.1. Sika WT-100

Se compone de ácidos grasos de cadena larga tales como estearatos y oleatos que reaccionan cuando están en presencia de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Hidróxido de Calcio) en el concreto fresco formando un material insoluble que se absorbe sobre la superficie capilar del concreto (ver figura 1).

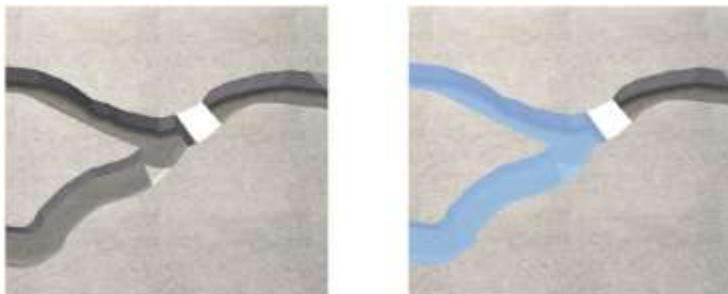


Figura 1. Mecanismo del aditivo Sika WT 100.

Fuente: (Sika, 2014).

Descripción del producto

Sika WT-100 es un aditivo resistente al agua usado para reducir la permeabilidad del concreto.

Usos

Sika WT-100 se usa principalmente para las siguientes aplicaciones:

- Cimentaciones.

- Estacionamientos.
- Plantas.
- Túneles.
- Piscinas.
- Estructuras contenedoras de agua.
- Presas (diques).
- Estructuras de plantas de tratamiento de agua servidas.
- Partes subterráneas de edificios comerciales (centros comerciales, centros de transporte, etc.).

Características/Ventajas

Sika WT-100 tiene las siguientes características y beneficios:

- Reduce la absorción de agua.
- Reduce la penetración de agua bajo presión.

Datos básicos

Forma

- Aspecto: Líquido
- Colores: Blanco
- Presentación: Cilindro x 200 litros y dispenser x 1000 litros

Almacenamiento

- Condiciones de almacenamiento/vida útil: 12 meses desde la fecha de producción si se almacena en su envase original cerrado y sin daños, protegido de la humedad y a

temperaturas entre 5°C y 30°C. Proteger de la acción directa del sol y del congelamiento.

Datos técnicos

- Densidad aparente: Densidad específica: 1.00 – 1.04 kg/L (a + 20°C)
- Contenido de cloruro soluble en agua: < 0.1 M-%
- Contenido de álcalis: ≤ 1%

Información del sistema

Detalles de aplicación

- Consumo: 2% de Sika WT-100 por peso de cemento.

Método de aplicación

- Diseño de mezcla de concreto: El diseño de la mezcla de concreto dependerá de los requerimientos locales y/o reglamentos locales para los sistemas de concreto impermeable.

Para concreto impermeable Sika WT-100 ha sido formulado para ser usado en concreto es con un contenido mínimo de cemento de 350 kg/m³ y una máxima relación a/c de 0.45. Dependiendo del diseño específico de la mezcla la dosis de superplastificante será evaluada con el fin de alcanzar una consistencia adecuada.

Se recomienda siempre realizar ensayos de laboratorio para evaluar y confirmar la trabajabilidad real.

- Proceso de mezclado: Sika WT-100 se adiciona al agua de mezclado o se adiciona con ella en el mezclador de concreto.

Se recomienda un tiempo de mezclado húmedo de por lo menos 60 segundos, dependiendo de las condiciones de mezclado y del desempeño del mixer.

Para evitar exceso de agua en el concreto, la dosificación final debe comenzar solo después de 2/3 del tiempo de mezclado húmedo.

El control de la relación agua/cemento y de la consistencia del concreto son responsabilidad del productor. Se recomienda realizar ensayos de laboratorio para evaluar y confirmar la reducción de agua real.

2.2.1.5.2. Sika WT-200

Compuesto de productos químicos cristalinos especialmente seleccionados y arena de sílice, estos, productos químicos cristalinos, reaccionan cuando en la presencia de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Hidróxido de calcio), otros subproductos de hidratación y la humedad formando estructuras cristalinas y rellenando de la estructura capilar, pequeños vacíos y micro fisuras de hasta 4 mm (ver figura 2).

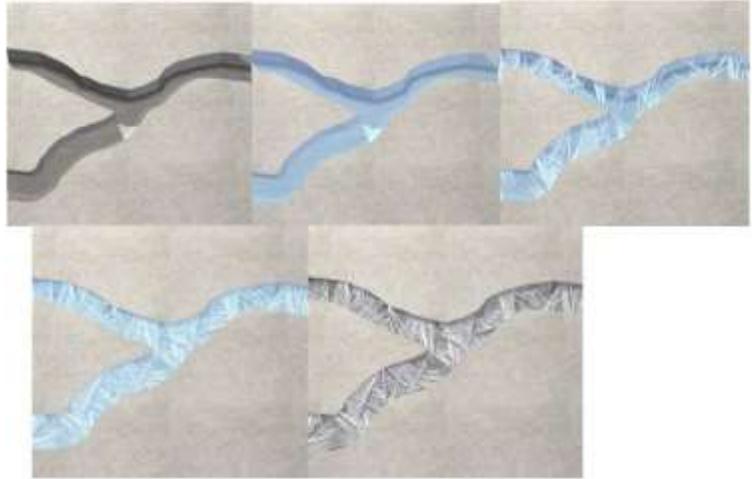


Figura 2. Mecanismo del aditivo Sika WT 200.

Fuente: (Sika, 2014).

Descripción del producto

Sika WT-200 es un aditivo combinado resistente a la penetración de agua e impermeabilizante por cristalización, que se utiliza para reducir la permeabilidad del hormigón y además tiene la capacidad de sellar fisuras.

Usos

Sika WT-200 ha sido formulado específicamente para producir hormigón impermeable de alta calidad. Sika WT-200 forma parte del sistema Sika Waterlight Concrete.

Sika WT-200 puede ser utilizado en cualquier estructura impermeable que se encuentre bajo/en/sobre tierra, tales como:

- Subterráneos.
- Estacionamientos.
- Locales/planchas de servicio.

- Túneles.
- Piscinas.
- Estanques de agua.
- Presas.
- Estructuras de tratamiento de aguas servidas.
- Instalaciones comerciales bajo tierra (malls, estaciones de transporte, etc.).

Características/Ventajas

Sika WT-200 consiste en una mezcla de cementos, amino alcoholes y fillers. Estos materiales activos forman materiales insolubles a través de la estructura de poros y capilares del hormigón y sellan el hormigón permanentemente contra la penetración de agua y otros líquidos. Adicionalmente la fórmula especial y los ingredientes de Sika WT-200 promueven las propiedades de auto-sellado del hormigón y mejoran su habilidad para sellar fisuras.

Sika WT-200 tiene las siguientes características y beneficios:

- Reduce la penetración de agua bajo presión.
- Reduce la absorción de agua.
- Realza las propiedades de auto-saneamiento del hormigón.
- Mejora la resistencia al ataque químico.
- Reduce la transmisión de vapor.

Normas/Aprobaciones

Cumple los requerimientos de EN 934-2, Tabla 9

Diseño de la mezcla de hormigón

- Para hormigón impermeable: El diseño de la mezcla depende de los requerimientos específicos y/o normas locales para sistemas de hormigón impermeable.
- Para hormigón Sika impermeable: Sika WT-200 está formulado para uso en hormigones con un contenido mínimo de cemento de 350 kg/cm³ y una razón agua/cemento máxima de 0.45. Dependiendo del diseño específico de la mezcla, la dosis de aditivo Reductor de Agua / Superplastificante tiene que ser determinada para alcanzar consistencias que permitan una fácil colocación del hormigón (clase S3/F4 según EN 206-1)
- Pruebas de laboratorio son siempre recomendables para evaluar y confirmar la reducción real de agua y el tipo de consistencia.

Datos del producto

Forma: Polvo

Apariencia/Color: Polvo gris

Presentación: Saco de 18 kg

Almacenamiento/Vencimiento: 18 meses desde la fecha de producción si se encuentra en su envase original sellado y sin daño, protegido de la humedad a

temperaturas entre +5°C y +30°C. Evitar la exposición de los envases a la acción de los rayos solares.

Datos técnicos

Base química: Mezcla de cementos, amino alcoholes y fillers.

Densidad: 0.75 kg/l \pm 0.05

pH: 12 \pm 1

Contenido de cloruro soluble: < 0.1 M-%

Contenido de álcalis: \leq 3%

Detalles de aplicación

Consumo/Dosis: 1 – 2% de Sika WT-200 del peso del cemento.

Método de aplicación:

- Sika WT-200 se agrega al momento de confeccionar el hormigón.
- Dependiendo de la operación se agrega al agua de amasado para formar una lechada muy fina y se adiciona ésta al mezclador de hormigón.
- O se agrega Sika WT-200 al agregado fino y grueso. Los agregados y Sika WT-200 deben ser bien mezclados por aproximadamente 120 segundos antes de agregar el cemento y el agua de amasado.
- Después de agregar todos los ingredientes en el mezclador, se recomienda considerar

un tiempo de mezclado de por lo menos 60 segundos, que depende de las condiciones de mezclado y desempeño del mezclador.

- Para evitar exceso de agua en el hormigón, la cantidad final de ésta se debe adicionar una vez transcurridos $2/3$ del tiempo de mezclado.
- La relación agua/cemento y el control de consistencia son de responsabilidad del productor de hormigón. Se recomienda hacer pruebas de laboratorio para evaluar y confirmar la reducción real de agua.

2.2.1.6. Relación agua - cemento

La interrelación entre la relación agua/cemento y la resistencia en compresión, la cual ha sido identificada en los concretos de baja resistencia, se ha encontrado que es igualmente válida para los concretos de alta resistencia.

Así, los concretos de alto contenido de cemento y bajo contenido de agua han producido altas resistencias. Sin embargo, el proporcionamiento de grandes cantidades de cemento en la mezcla también incrementa la demanda de agua de ésta. Es así que los incrementos del contenido de cemento más allá de un cierto punto no siempre incrementan la resistencia en compresión, a ello se suman otros factores los cuales puede limitar el contenido máximo de cemento de la mezcla y que son analizados a lo largo de este trabajo.

2.2.2. Formulación de la hipótesis

2.2.2.1. Hipótesis general

Al aplicar a los diseños de concreto los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200, optimiza la permeabilidad en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana.

2.2.2.2. Hipótesis específicas

- Al aplicar los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200, reducen la profundidad de penetración de agua bajo presión en el concreto de obras hidráulicas de Lima Metropolitana.
- Al aplicar las diferentes relaciones agua/cemento aumentan la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 en obras hidráulicas de Lima Metropolitana.

2.2.2.3. Variables

- Variable independiente: Diseños de concreto.
- Variable dependiente: Permeabilidad.

2.2.2.4. Definición conceptual de las variables

- Diseños de concreto: los requisitos para la dosificación del concreto se basan en la filosofía de que el concreto debe tener una adecuada durabilidad y resistencia. (American Concrete Institute, 2005)
- Permeabilidad: es un fenómeno por el cual se produce el movimiento del agua a través del concreto, como consecuencia de una presión exterior que se genera, la mayoría de las veces, por la altura del nivel del agua

sobre el punto considerado. (Norma Técnica Colombiana, 1998)

2.2.2.5. Operacionalización de las variables

En la operacionalización de las variables se describen la variable dependiente e independiente, así como sus indicadores, conforme se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Operacionalización de las variables e indicadores

Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos
Variable Independiente Diseños de Concreto	- Dosificación de los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200	- Aditivos en litros (L)	Especificaciones técnicas del fabricante
	- Relación agua/cemento	- Agua (m ³) - Cemento (kg)	
Variable Dependiente Permeabilidad	- Profundidad de penetración de agua bajo presión	- En mm.	- Método de penetración (EN 12390-8)
	- Resistencia a la compresión	- En kg/cm ²	- Ensayo de rotura (ASTM C 31)

Fuente y elaboración: Propia.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

Según la pregunta planteada en el problema, el tipo de investigación es cuantitativo – explicativo. Es una investigación **cuantitativa** porque brinda variables, las que, por medio de un proceso de definiciones, se convierten en datos perceptibles; es decir, datos contables, pesables o medibles. El estudio es **explicativo** porque se busca el porqué de los hechos estableciendo relaciones causa – efecto.

El diseño de la investigación es experimental – correlacional. Es un método experimental porque se realizaron experimentos para comprobar hipótesis causales, mediante la manipulación de variables independientes para estudiar sus efectos. El estudio es correlacional porque se estudian las relaciones entre variables dependientes e independientes; es decir, se estudia la correlación entre dos variables.

3.2. Población y muestra

Sobre una población de 144 probetas cilíndricas de 10 cm (4 pulgadas) de diámetro y 20 cm (8 pulgadas) de altura de concreto, y 48 probetas cilíndricas de 15 cm (6 pulgadas) de diámetro y 15 cm (6 pulgadas) de altura de concreto, de las cuales fueron 64 probetas de concreto patrón (sin uso de ningún aditivo), 64 probetas de concreto con aplicación de 2% de aditivo Sika WT – 100, y 64 probetas de concreto con aplicación de 1% de aditivo Sika WT – 200. El objetivo es generalizar los datos de una muestra a una población (de un grupo pequeño a uno mayor) (Hernández, 2006).

3.3. Técnicas de recolección de datos

La técnica fue del análisis documental, utilizando como instrumento de recolección de datos, las fuentes documentales, fichas técnicas, libros y/o manuales especializados, y documentos de los fabricantes de aditivos.

La técnica fue de observación de campo, utilizando como instrumento un protocolo de observación.

3.3.1. Descripción de los instrumentos

El procesamiento de datos fue con el programa Microsoft Excel y en la contrastación de la hipótesis con el programa SPSS – V 22.

Los promedios o sumas fueron presentados como informaciones en forma de gráficos, figuras, cuadros o resúmenes.

3.3.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos

En este punto se menciona y define las características de los equipos a utilizar (marca, modelo, la última fecha de calibración de la compresora). En la presente investigación se hizo uso de la máquina de compresión axial electro-hidráulica para la determinación de la resistencia a la compresión (ver anexo 2 y 3); y de los equipos de permeabilidad (manómetro de equipo de permeabilidad) para la medición de la profundidad de penetración de agua bajo presión (ver anexo 4 y 5).

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Para la contrastación de las hipótesis se trabajó con los siguientes métodos/pruebas estadísticas:

3.4.1. Regresión lineal

La regresión lineal es el análisis de dos variables aleatorias x y y que consiste en encontrar la función lineal $y = b_0 + b_1x$ que sirva para modelar la relación entre ellas. Este proceso es llamado regresión lineal, y a la línea resultante, recta de regresión (ver figura 3). A la variable ubicada en el eje horizontal (abscisas) se la llama variable

independiente, y a la ubicada en el eje vertical (ordenadas), variable dependiente. (Hurtado & Domínguez, 2009)

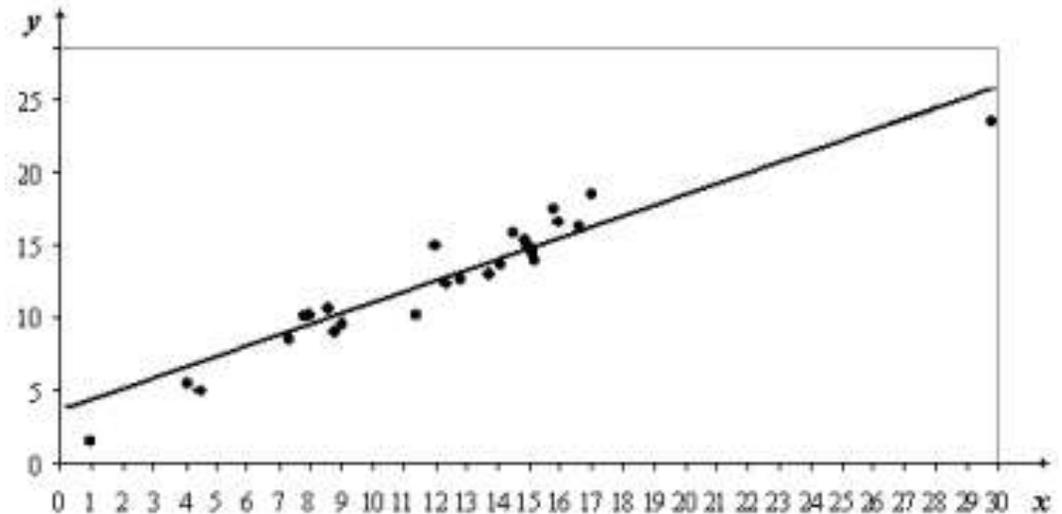


Figura 3. Trazo de una recta cualquiera por entre los puntos del diagrama de dispersión.

Fuente y elaboración: Probabilidad y estadística para ingeniería (2009)

La finalidad de la recta es representar algebraicamente a los datos, es decir, con una ecuación del tipo $y = b_0 + b_1x$. Se desearía entonces que la recta trazada representara los datos muestrales de la “mejor manera posible”. La “mejor” representación puede interpretarse de diferentes formas: la recta que toque más puntos; aquella recta que permita tener igual número de puntos arriba y debajo de ella; la recta que pase por el punto central (\bar{x}, \bar{y}) ; etc.

3.4.2. Prueba de Friedman

Es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar 2 o más mediciones realizadas a una misma muestra bajo condiciones diferentes. Podríamos decir que es una generalización de la “t” de student para muestras dependientes.

$$X_r^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum (\sum R_i)^2 - 3n(k+1)$$

n: número de sujetos de la muestra.

K: número de mediciones que se ha realizado a cada sujeto de la muestra.

Ri: rango de cada una de las puntuaciones.

Sumatoria de Ri: suma de rango para cada conjunto de puntuaciones.

$$gl = k - 1$$

3.5. Aspectos éticos

Según (González, 2001), la ética es parte de la filosofía que trata de la moral y de las obligaciones del hombre. La investigación no es sólo un acto técnico; es ante todo el ejercicio de un acto responsable.

En la presente investigación, los siguientes aspectos éticos que se tomado en cuenta son:

- Para la redacción de la tesis, se ha tomado información de otros autores, teniendo la estricta obligación de colocar la fuente correspondiente.
- Para la realización de los ensayos correspondientes, se realizó con apego a normas metodológicas científicas, expresando las conclusiones en su debida precisión y en estricto apego a los cuadros de las normas, acorde con el tipo de estudio.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Agregado fino

4.1.1.1. Granulometría de la arena

Es la distribución según el tamaño de las partículas que forman el agregado fino, proporción que obedece a un equilibrio ideal para la fabricación del concreto, medido a través del peso retenido en los tamices.

El agregado es graduado dentro de los límites indicados en la norma NTP 400.012 o ASTM C33. La granulometría seleccionada es preferentemente uniforme o continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y a N° 100 de la serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites granulométricos mostrados en la tabla 5.

En la tabla 6, se muestra el resumen de los ensayos del agregado fino.

Tabla 5. Límites granulométricos del agregado fino

Abertura	Designación previa	Porcentaje que pasa (%)
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	N° 4	95 – 100
2.36 mm	N° 8	80 – 100
1.18 mm	N° 16	50 – 85
600 µm	N° 30	25 – 60
300 µm	N° 50	5 – 30
150 µm	N° 100	0 – 10

Fuente: ASTM C 33 y NTP 400.012. Elaboración: Propia

Tabla 6. Resumen de los ensayos del agregado fino

MALLA		GRANULOMETRIA			CARACTERISTICAS FISICAS		
		PESO RETENIDO (en gramos)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	MODULO DE FINEZA	
3"			0.0	0.0	100.0	TAMAÑO MÁXIMO	3/8"
2 1/2"			0.0	0.0	100.0	PESO ESPECIFICO SECO	2.654
2"			0.0	0.0	100.0	PESO ESPECIFICO SSS	2.701
1 1/2"			0.0	0.0	100.0	% ABSORCION	1.75
1"			0.0	0.0	100.0	% PASANTE DE MALLA # 200	5.24
3/4"			0.0	0.0	100.0	% ABRASIÓN Los Angeles	-
1/2"			0.0	0.0	100.0	% EQUIVALENTE DE ARENA	-
3/8"		0.0	0.0	0.0	100.0	% PARTÍCULAS FRIABLES Y TERRONES DE ARCILLA	-
# 4		62.0	4.2	4.2	95.8	% PARTÍCULAS LIGERAS	-
# 8		282.7	19.1	23.3	76.7	% INALTERABILIDAD	-
# 16		290.1	19.6	43.0	57.0	por medio de sulfato de magnesio	-
#30		274.8	18.6	61.6	38.4	PESO UNITARIO SUELTO(kg/m3)	1626
#50		284.2	19.2	80.8	19.2	PESO UNITARIO COMPAC (kg/m3)	1828
#100		195.5	13.2	94.1	5.9	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
fondo		87.8	5.9	100.0	0.0	SALES SOLUB. TOTALES (ppm)	-
						SULFATOS SOLUBLES (ppm)	-
						CLORUROS SOLUBLES (ppm)	-
						IMPUREZAS ORGÁNICAS	-
Total		1477.1	100.0	Módulo de fineza	3.07		

Fuente y elaboración: Propia.

4.1.1.2. Módulo de finura

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, divididas entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011.

El módulo de finura se calcula para el agregado fino más que para un agregado grueso. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza puede ser causa de rechaza, por eso se recomienda que su valor oscile entre 2.3 y 3.1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa. Para mayor detalle, ver tabla 6.

$$\text{Módulo de finura} = mf = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado}}{100}$$

$$\text{Módulo de finura} = mf = \frac{4.2 + 23.3 + 43.0 + 61.6 + 80.8 + 94.1 + 100}{100} = 3.07$$

4.1.1.3. Peso unitario

El peso unitario o densidad de masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representa el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresada en kg/m³.

El peso unitario depende de lo compactado que esté el agregado y de la contribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma NTP 400.017 reconoce dos formas: suelto, mostrado en la tabla 7 y compactado, mostrado en la tabla 8.

Peso unitario suelto

$$\text{Peso unitario suelto aparente} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente usado}}$$

Corrección por humedad

$$\text{Peso unitario suelto seco} = \left(\frac{\text{Peso unitario aparente}}{\text{Contenido de humedad} + 100} \right) \times 100$$

Tabla 7. Peso unitario suelto del agregado fino

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso unitario suelto			
Descripción	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Peso muestra suelta + contenedor 1/10 pie ³ (kg)	6.25	6.25	6.25
Peso contenedor (kg)	1.70	1.70	1.70
Peso muestra suelta (kg)	4.55	4.55	4.55
Volumen contenedor (m ³)	0.0027763	0.0027763	0.0027763
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1,639	1,639	1,639

Fuente y elaboración: Propia

$$\therefore \text{Peso unitario suelto aparente promedio} = 1,639 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Peso unitario suelto seco promedio} = 1,626 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Peso unitario compactado

$$\text{Peso unitario compactado aparente} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente usado}}$$

Corrección por humedad

$$\text{Peso unitario compactado seco} = \left(\frac{\text{Peso unitario aparente}}{\text{Contenido de humedad} + 100} \right) \times 100$$

Tabla 8. Peso unitario compactado del agregado fino

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso unitario compactado			
Descripción	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Peso muestra compactada + contenedor (kg)	6.85	6.85	6.85
Peso contenedor (kg)	1.70	1.70	1.70
Peso muestra compactada (kg)	5.15	5.15	5.05
Volumen contenedor (m ³)	0.0028	0.0028	0.0028
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1,855	1,855	1,819

Fuente y elaboración: Propia

$$\therefore \text{Peso unitario compactado aparente promedio} = 1,843 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Peso unitario compactado seco promedio} = 1,828 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

4.1.1.4. Peso específico

El peso específico según la norma ASTM C 128 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

Peso específico de masa (G)

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros permeables e impermeables del material, mostrado en la tabla 9.

$$G = \frac{\text{Peso muestra saturada con superficie seca}}{\text{Peso muestra seco en horno} - \text{Peso muestra saturada dentro del agua}}$$

Tabla 9. Peso específico de masa (G) del agregado fino

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso específico de masa			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00	-
Peso muestra seca en horno a 105 °C (g)	491.40	491.40	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	315.00	314.70	-
Peso específico de masa	2.66	2.65	2.65

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \text{Peso específico de masa (G)} = 2.65$$

Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G_{sss})

Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua, mostrado en la tabla 10.

$$G_{sss} = \frac{\text{Peso muestra saturada con superficie seca}}{\text{Peso muestra saturada con superficie seca} - \text{Peso muestra saturada dentro del agua}}$$

Tabla 10. Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G_{sss}) del agregado fino

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso específico de masa saturado superficialmente seco			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	315.00	314.70	-
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2.70	2.70	2.70

Fuente y elaboración: Propia.

∴ Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G_{sss}) = 2.70

Peso específico aparente (Ga)

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares, mostrado en detalle en la tabla 11.

$$G_a = \frac{\text{Peso muestra seca en horno}}{\text{Peso muestra seca en horno} - \text{Peso muestra saturada dentro del agua}}$$

Tabla 11. Peso específico aparente (Ga) del agregado fino

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso específico aparente			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra seca en horno a 105 °C (g)	491.40	491.40	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	315.00	314.70	-
Peso específico aparente	2.79	2.78	2.78

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \text{Peso específico aparente (Ga)} = 2.78$$

4.1.1.5. Porcentaje de absorción

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, mostrado en la tabla 12.

$$a\% = 100 \left(\frac{\text{Peso muestra saturada con superficie seca} - \text{Peso muestra seca en horno}}{\text{Peso muestra seca en horno}} \right)$$

Tabla 12. Porcentaje de absorción del agregado fino

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Porcentaje de absorción			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00	-
Peso muestra seca en horno (g)	491.40	491.40	-
Porcentaje de absorción	1.75	1.75	1.75

Fuente y elaboración: Propia.

∴ Porcentaje de absorción (a%) = 1.75%

4.1.1.6. Contenido de humedad

Podemos definir el contenido de humedad como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar al concreto es menor, ya que los agregados aportan agua.

Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar al concreto teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el

momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua – cemento y disminuirá la resistencia, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del concreto, por lo que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos. Los resultados se muestran en detalle en la tabla 13.

$$h\% = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Tabla 13. Contenido de humedad del agregado fino

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
		Contenido de humedad	
Peso muestra húmeda (g)		600.0	
Peso muestra seca (g)		595.2	
Contenido de humedad (%)		0.81	

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \text{Contenido de humedad (h\%)} = 0.81\%$$

4.1.1.7. Material que pasa la malla N° 200

Es la determinación de la cantidad de materiales finos que se presentan en el agregado en forma de revestimientos a través de un procedimiento de sedimentación y tamizado por vía húmeda.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.018, el porcentaje que pasa la Malla N° 200, se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien. Los resultados se muestran en detalle en la tabla 14.

$$\% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso de muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Tabla 14. Material que pasa la malla N° 200 del agregado fino

	UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
	Contenido de humedad	
Peso muestra sin lavar seca (g)	595.2	
Peso muestra lavada seca (g)	564.0	
Material < malla N° 200 (%)	5.24	

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = 5.24\%$$

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

- Se superpone los tamices N° 16 (1.18 mm) y el N° 200 (0.075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
- El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo

de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.

- Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en el tamiz N° 200 y finalmente se seca la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

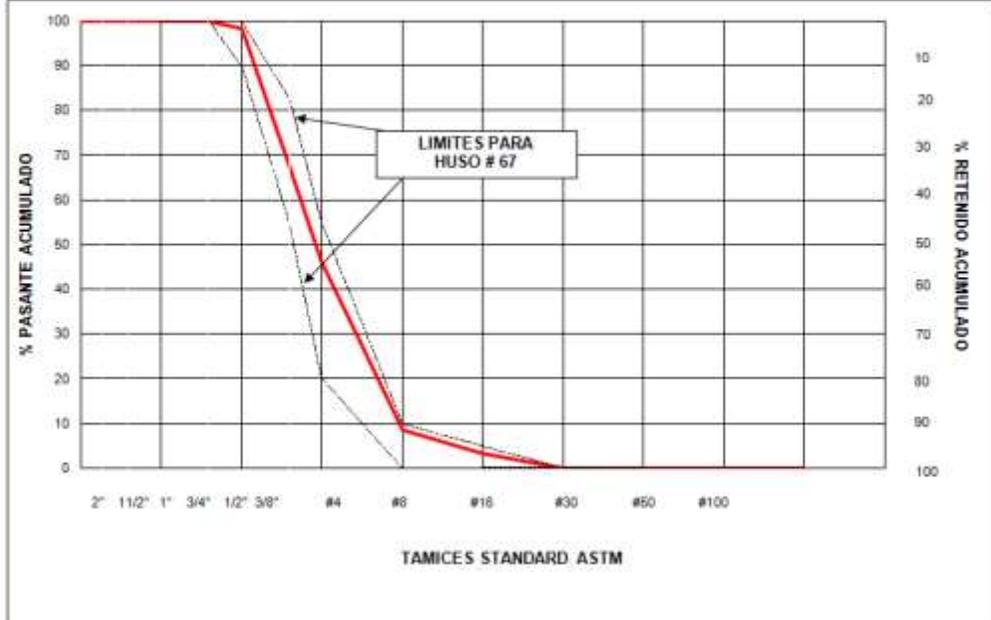
4.1.2. Agregado grueso

4.1.2.1. Granulometría

La granulometría del agregado grueso se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. Esta serie de tamices son $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100. En la tabla 15, se muestra el resumen de los ensayos del agregado grueso.

Tabla 15. Resumen de los ensayos del agregado grueso

					UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
					RESUMEN DE ENSAYOS DEL AGREGADO GRUESO	
MUESTRA:		Agregado grueso Huso N° 67			FECHA: 17/07/2015	
PROCEDENCIA:		Jicamarca				
TESISTAS:		Juan Salazar / Juan Gutierrez				
GRANULOMETRIA					CARACTERISTICAS FISICAS	
MALLA	PESO RETENIDO (en gramos)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	MODULO DE FINEZA	6.44
3"					TAMAÑO MÁXIMO	1"
2 1/2"					PESO ESPECIFICO DE MASA	2.670
2"					PESO ESPECIFICO SSS	2.702
1 1/2"					% ABSORCION	1.20
1"					% PASANTE DE MALLA # 200	0.63
3/4"	126.5	1.7	1.7	98.3	% ABRASIÓN Los Angeles	
1/2"	2233.3	30.6	32.3	67.7	% EQUIVALENTE DE ARENA	
3/8"	1569.0	21.5	53.8	46.2	% PARTICULAS FRIABLES Y TERRONES DE ARCILLA	
# 4	2743.2	37.6	91.4	8.6	% PARTICULAS LIGERAS	
# 8	387.6	5.3	96.7	3.3	% INALTERABILIDAD por medio de sulfato de magnesio	
fondo	241.6	3.3	100.0	0.0	PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1490
					PESO UNITARIO COMPAC (kg/m ³)	1689
					CARACTERISTICAS QUIMICAS	
					SALES SOLUB. TOTALES (ppm)	
					SULFATOS SOLUBLES (ppm)	
					CLORUROS SOLUBLES (ppm)	
					IMPUREZAS ORGANICAS	---
Total	7301.2	100.0	Módulo de fineza	6.44		



Fuente y elaboración: Propia.

4.1.2.2. Peso unitario

El peso unitario del agregado grueso, al igual que el agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, expresado en kg/m^3 . Es una característica importante del concreto, porque es índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1,500 y 1,700 kg/m^3 .

El peso unitario del agregado está influenciado por: su gravedad específica; su granulometría; su perfil y textura superficial; su condición de humedad; y su grado de compactación de masa.

La norma NTP 400.017 reconoce dos formas: peso unitario suelto, mostrado en la tabla 16 y peso unitario compactado, mostrado en la tabla 17.

Peso unitario suelto

$$\text{Peso unitario suelto aparente} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente usado}}$$

Corrección por humedad

$$\text{Peso unitario suelto seco} = \left(\frac{\text{Peso unitario suelto aparente}}{\text{Contenido de humedad} + 100} \right) \times 100$$

Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado grueso

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso unitario suelto			
Descripción	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Peso muestra suelta + contenedor 1/2 pie ³ (kg)	19.00	19.40	19.25
Peso contenedor (kg)	5.05	5.05	5.05
Peso del material (kg)	13.95	14.35	14.20
Volumen del recipiente usado (m ³)	0.009451	0.009451	0.009451
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1,476	1,518	1,502

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \text{Peso unitario suelto aparente promedio} = 1,497 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Peso unitario suelto seco promedio} = 1,490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Peso unitario compactado

$$\text{Peso unitario compactado aparente} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente usado}}$$

Corrección por humedad

$$\text{Peso unitario compactado seco} = \left(\frac{\text{Peso unitario aparente}}{\text{Contenido de humedad} + 100} \right) \times 100$$

Tabla 17. Peso unitario compactado del agregado grueso

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso unitario compactado			
Descripción	Ensayo N° 1	Ensayo N° 2	Ensayo N° 3
Peso muestra compactada + contenedor (kg)	20.85	20.95	20.75
Peso contenedor (kg)	5.05	5.05	5.05
Peso del material (kg)	15.80	15.90	15.70
Volumen del recipiente usado (m ³)	0.009451	0.009451	0.009451
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1,672	1,682	1,661

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \text{Peso unitario compactado aparente promedio} = 1,677 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Peso unitario compactado seco promedio} = 1,669 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

4.1.2.3. Peso específico

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2500 y 2750 kg/m³.

Los resultados de peso específico de masa (G), peso específico aparente (Ga) y peso específico saturado superficialmente seco (Gsss) se muestran en detalle en las tablas 18, 19 y 20, respectivamente.

$$G = \frac{\text{Peso muestra seca en horno}}{\text{Peso muestra saturada con superficie seca} - \text{Peso muestra saturada dentro del agua}}$$

Tabla 18. Peso específico de masa del agregado grueso

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso específico de masa			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	5000	5000	-
Peso muestra seca en horno (g)	4929.80	4952.60	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	3146.60	3152.60	-
Peso específico	2.66	2.68	2.67

Fuente y elaboración: Propia.

∴ Peso específico de masa (G) = 2.67

$$G_a = \frac{\text{Peso muestra seca en horno}}{\text{Peso muestra seca en horno} - \text{Peso muestra saturada dentro del agua}}$$

Tabla 19. Peso específico aparente del agregado grueso

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso específico aparente			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra seca en horno a 105 °C (g)	4929.80	4952.60	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	3146.60	3152.60	-
Peso específico aparente	2.77	2.75	2.76

Fuente y elaboración: Propia.

∴ Peso específico aparente (G_a) = 2.76

$$G_{sss} = \frac{\text{Peso muestra saturada con superficie seca}}{\text{Peso muestra saturada con superficie seca} - \text{Peso muestra saturada dentro del agua}}$$

Tabla 20. Peso específico de masa saturado superficialmente seco del agregado grueso.

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Peso específico de masa saturado superficialmente seco			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	5000.00	5000.00	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	3146.60	3152.60	-
Peso específico saturado superficialmente seco	2.70	2.71	2.70

Fuente: Propia Elaboración: Propia.

∴ Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G_{sss}) = 2.70

4.1.2.4. Porcentaje de absorción

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación se presenta

la expresión que se utiliza para calcular el porcentaje de absorción, mostrado en la tabla 21.

$$a\% = 100 \left(\frac{\text{Peso muestra saturada con superficie seca} - \text{Peso muestra seca en horno}}{\text{Peso muestra seca en horno}} \right)$$

Tabla 21. Porcentaje de absorción del agregado grueso.

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Porcentaje de absorción			
Descripción	Ensayos		
	N° 1	N° 2	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	5000.00	5000.00	-
Peso muestra seca en horno (g)	4929.80	4952.60	-
Porcentaje de absorción	1.42	0.98	1.20

Fuente y elaboración: Propia.

∴ Porcentaje de absorción (a%) = 1.20%

4.1.2.5. Contenido de humedad

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Es una característica importante que se debe tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de las mezclas de diseño. Los resultados se muestran en la tabla 22.

$$h\% = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Tabla 22. Contenido de humedad del agregado grueso

Contenido de humedad	
Peso de la muestra húmeda (g)	1,200.0
Peso de la muestra seca (g)	1,194.5
Humedad (%)	0.46

Fuente y elaboración: Propia.

∴ Contenido de humedad (h%) = 0.46%

4.1.2.6. Material que pasa por la malla N° 200

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.018, el porcentaje que pasa la malla N° 200, se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien, mostrado en la tabla 23.

$$\% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso de muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Tabla 23. Material que pasa la malla N° 200 del agregado grueso

Material que pasa la malla N° 200	
Peso de la muestra sin lavar seca (g)	1,194.50
Peso de la muestra lavada seca (g)	1,187.00
Material < malla N° 200 (%)	0.63

Fuente y elaboración: Propia.

$$\therefore \% \text{ que pasa la malla N}^\circ 200 = 0.63\%$$

4.1.3. Diseño de mezclas de concreto

Actualmente, el concreto es el elemento más usado en el ámbito mundial para la construcción, lo que conlleva a la evolución de las exigencias para cada uso del mencionado elemento.

La demanda del concreto ha sido la base para la elaboración de los diferentes diseños de mezcla, ya que estos métodos permiten a los usuarios conocer no sólo las dosis precisas de los componentes del concreto, sino también la forma más apropiada para elaborar la mezcla. Los métodos de diseño de mezcla están dirigidos a mejorar calificativamente la resistencia, la calidad y la durabilidad de todos los usos que pueda tener el concreto.

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, se debe recordar que la composición de la misma está determinada por:

- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.
- Las propiedades del concreto al estado no endurecido, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
- El costo de la unidad cúbica de concreto.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto es necesario conocer, además de las propiedades que se requieren y del empleo que se va a dar al concreto, así como las características geográficas y ambientales de la zona en la cual va a ser utilizado, información básica sobre las propiedades de los materiales integrantes del mismo.

La selección de las propiedades de la unidad cúbica de concreto debe permitir que este alcance a los 28 días, o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida.

En este sentido y como cuestión fundamental, la selección de las proporciones de la mezcla debe basarse en la información obtenida de los resultados de los ensayos de laboratorio de los materiales a ser utilizados. Otro factor que debe tenerse en cuenta para seleccionar las proporciones de la mezcla son las condiciones de colocación, la calidad y experiencia del personal profesional y técnico, la interrelación entre las diversas propiedades del concreto; así como la consideración de que el concreto debe ser económico no solo en su primer costo sino también en sus futuros servicios.

4.1.3.1. Método de volúmenes absolutos

Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregados finos, implica el empleo de volúmenes desplazados por los componentes (determinación de gravedades específicas). En este caso, el volumen total desplazado por los componentes conocidos (el agua, aire, cemento y agregado grueso) se resta del volumen unitario del concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de ese material (siendo ésta el producto del peso unitario del agua por el peso específico del material). En la presente investigación, se muestra en la tabla 24 la dosificación de materiales por m³ y los diseños de concreto patrón se muestran en las tablas 25 a la 32.

Tabla 24. Dosificación de materiales por m³.

		UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES						
		Dosificación de materiales por m ³						
Materiales	Relación agua/cemento							
	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Cemento (kg)	260	278	300	325	354	390	432	487
Agua (kg)	195	195	195	195	195	195	195	195
Arena (kg)	943	935	925	895	883	866	848	824
Piedra (kg)	918	910	900	897	894	878	859	835

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 25. Diseño patrón LEM-159-15 (relación a/c=0.75)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA										UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
M.F. Arena	3.01	Volumen de tanda	0.025	Código	LEM-159-15	Fecha	22/07/2015							
M.F. Piedra # 57	0.00	Cemento total	260 kg	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	Rel. a/c	0.75							
M.F. Piedra # 67	6.49	Filler	0 %											
M.F. Global	4.72	Dosificación Sika... 0.00% % = 0.00 cc		Ensayos a realizar Asentamiento 6" 6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d) 2 probetas (6"x6") PU y Aire										
Vol. Agregados	0.70													
Arena	51 %													
Piedra # 67	49 %													
Piedra # 5	0 %													
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)	
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				260	0.08254	260	260.0	6.50	259	259	0.08238	
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	188.06	4.70	188	195	0.19498	
Arena	Jicamarca	2644	3.07	1.77	1.30	943.33	0.35678	960.03	972.29	24.31	970.37	941.46	0.35608	
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.20	0.78	-0.58	918.33	0.34279	925.50	920.17	23.00	918.35	916.52	0.34211	
Aire						2.00%	0.0200						-2.8587	
TOTAL						2320	1.0000	2344	2343.6	58.59	5449.72	5426.27	1.00000	

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 26. Diseño patrón LEM-160-15 (relación a/c=0.70)

M.F. Arena		3.01	
M.F. Piedra # 57		0.00	
M.F. Piedra # 67		6.49	
M.F. Global		4.72	
Vol. Agregados	0.69		
Arena	51	%	
Piedra # 67	49	%	
Piedra # 5	0	%	

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	278	kg
Filler	0	%

Código	LEM-160-15
Tesistas	J. Gutiérrez / J. Salazar

Fecha	22/07/2015
Rel. a/c	0.70

Dosificación	
Sika...	0.00% % = 0.00 cc

Ensayos a realizar												
Asentamiento 6"												
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)												
2 probetas (6"x6")												
PU y Aire												

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				278	0.08825	278	278.0	6.95	277	277	0.08806
Agua	Sika Perú	1000				195	0.19500	195.00	188.12	4.70	188	195	0.19494
Arena	Jicamarca	2644	3.07	1.77	1.30	935.01	0.35363	951.56	963.71	24.09	961.63	932.98	0.35287
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.20	0.78	-0.58	910.23	0.33977	917.33	912.05	22.80	910.08	908.26	0.33903
Aire						2.00%	0.0200						-3.3140
TOTAL						2322	1.0000	2346	2345.5	58.64	5942.99	5919.76	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 27. Diseño patrón LEM-161-15 (relación a/c=0.65)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA											UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
M.F. Arena	3.01	Volumen de tanda	0.025	Código	LEM-161-15	Fecha	22/07/2015								
M.F. Piedra # 57	0.00	Cemento total	300 kg	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	Rel. a/c	0.65								
M.F. Piedra # 67	6.49	Filler	0 %												
M.F. Global	4.72														
Vol. Agregados	0.69	Dosificación Sika... 0.00% % = 0.00 cc		Ensayos a realizar Asentamiento 6" 6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d) 2 probetas (6"x6") PU y Aire											
Arena	51 %														
Piedra # 67	49 %														
Piedra # 5	0 %														
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)		
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				300	0.09524	300	300.0	7.50	299	299	0.09505		
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	188.20	4.70	188	195	0.19498		
Arena	Jicamarca	2644	3.07	1.77	1.30	924.86	0.34980	941.23	953.25	23.83	951.41	923.07	0.34912		
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.20	0.78	-0.58	900.35	0.33608	907.38	902.15	22.55	900.41	898.61	0.33543		
Aire						2.00%	0.0200						-3.8559		
TOTAL						2324	1.0000	2348	2347.8	58.70	6530.95	6507.96	1.00000		

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 28. Diseño patrón LEM-170-15 (relación a/c=0.60)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA											UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
M.F. Arena	3.01	Volumen de tanda	0.025	Código	LEM-170-15	Fecha	22/07/2015								
M.F. Piedra # 57	0.00	Cemento total	325 kg	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	Rel. a/c	0.60								
M.F. Piedra # 67	6.49	Filler	0 %												
M.F. Global	4.75														
Vol. Agregados	0.68	Dosificación Sika... 0.00% % = 0.00 cc		Ensayos a realizar Asentamiento 6" 6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d) 2 probetas (6"x6") PU y Aire											
Arena	50 %														
Piedra # 67	50 %														
Piedra # 5	0 %														
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)		
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				325	0.10317	325	325.0	8.13	327	327	0.10385		
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	188.23	4.71	189	197	0.19655		
Arena	Jicamarca	2644	2.85	1.77	1.08	895.41	0.33866	911.25	920.92	23.02	926.99	901.31	0.34089		
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.46	0.78	-0.32	907.26	0.33866	914.34	911.43	22.79	917.44	913.24	0.34089		
Aire						2.00%	0.0200						-4.5258		
TOTAL						2328	1.0000	2350	2350.5	58.76	7268.18	7245.37	1.00000		

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 29. Diseño patrón LEM-171-15 (relación a/c=0.55)

M.F. Arena		3.01	
M.F. Piedra # 57		0.00	
M.F. Piedra # 67		6.49	
M.F. Global		4.75	
Vol. Agregados	0.67		
Arena	50	%	
Piedra # 67	50	%	
Piedra # 5	0	%	

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	354	kg
Filler	0	%

Código	LEM-171-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	23/07/2015
Rel. a/c	0.55

Dosificación	
Sika...	0.00% % = 0.00 cc

Ensayos a realizar	
Asentamiento 6"	
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)	
2 probetas (6"x6")	
PU y Aire	

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				354	0.11238	354	354.0	8.85	357	357	0.11336
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	188.33	4.71	190	197	0.19696
Arena	Jicamarca	2644	2.85	1.77	1.08	882.70	0.33385	898.33	907.86	22.70	915.75	890.38	0.33675
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.46	0.78	-0.32	894.39	0.33385	901.36	898.50	22.46	906.31	902.16	0.33675
Aire						2.00%	0.0200						-4.9432
TOTAL						2331	1.0000	2354	2354.0	58.85	7725.28	7702.75	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 30. Diseño patrón LEM-172-15 (relación a/c=0.50)



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA
MEZCLA DE PRUEBA**

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01	
M.F. Piedra # 57	0.00	
M.F. Piedra # 67	6.49	
M.F. Global	4.75	

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	390	kg
Filler	0	%

Código **LEM-172-15**

Fecha **23/07/2015**

Tesistas **J. Gutierrez / J. Salazar**

Rel. a/c **0.50**

Dosificación
Sika... **0.00%** % = **0.00** cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Vol. Agregados	0.66	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				390	0.12381	390	390.0	9.75	396	396	0.12558
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	188.45	4.71	191	198	0.19804
Arena	Jicamarca	2644	2.85	1.77	1.08	866.46	0.32771	881.79	891.15	22.28	903.88	878.83	0.33239
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.46	0.78	-0.32	877.93	0.32771	884.77	881.96	22.05	894.56	890.47	0.33239
Aire						2.00%	0.0200						-5.8487
TOTAL						2336	1.0000	2358	2357.8	58.95	8714.31	8692.06	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 31. Diseño patrón LEM-180-15 (relación a/c=0.45)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA											UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
M.F. Arena	3.01	Volumen de tanda	0.025	Código	LEM-180-15	Fecha	23/07/2015							
M.F. Piedra # 57	0.00	Cemento total	432 kg	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	Rel. a/c	0.45							
M.F. Piedra # 67	6.49	Filler	0 %											
M.F. Global	4.75													
Vol. Agregados	0.64	Dosificación Sika... 0.00% % = 0.00 cc		Ensayos a realizar Asentamiento 6" 6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d) 2 probetas (6"x6") PU y Aire										
Arena	50 %													
Piedra # 67	50 %													
Piedra # 5	0 %													
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)	
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				432	0.13714	432	432.0	10.80	437	437	0.13864	
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	187.49	4.69	190	197	0.19743	
Arena	Jicamarca	2644	2.99	1.77	1.22	848.01	0.32073	863.02	873.36	21.83	882.89	857.26	0.32423	
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.45	0.78	-0.33	859.23	0.32073	865.93	863.10	21.58	872.52	868.61	0.32423	
Aire						2.00%	0.0200						-6.4544	
TOTAL						2341	1.0000	2363	2362.9	59.07	9369.11	9347.46	1.00000	

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 32. Diseño patrón LEM-181-15 (relación a/c=0.40)



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA
MEZCLA DE PRUEBA**

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.75

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	487 kg
Filler	0 %

Código	LEM-181-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	23/07/2015
Rel. a/c	0.40

Vol. Agregados	0.62	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Dosificación
Sika... **0.00%** % = **0.00** cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				487	0.15460	487	487.0	12.18	493	493	0.15650
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	187.70	4.69	190	198	0.19769
Arena	Jicamarca	2644	2.99	1.77	1.22	823.85	0.31159	838.43	848.48	21.21	858.90	833.96	0.31542
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.45	0.78	-0.33	834.75	0.31159	841.26	838.51	20.96	848.81	845.00	0.31542
Aire						2.00%	0.0200						-7.2884
TOTAL						2348	1.0000	2369	2369.5	59.24	10278.38	10257.32	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

4.1.3.2. Diseño de mezclas con aditivos

4.1.3.2.1. Diseño de mezclas con aditivos Sika WT-100

- LEM-187-15, con relación agua/cemento de 0.75, se diseñó con 260 kg de cemento; con 5.20 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 33.
- LEM-188-15, con relación agua/cemento de 0.70, se diseñó con 278 kg de cemento; con 5.56 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 34.
- LEM-189-15, con relación agua/cemento de 0.65, se diseñó con 300 kg de cemento; con 6.00 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 35.
- LEM-190-15, con relación agua/cemento de 0.60, se diseñó con 325 kg de cemento; con 6.50 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 36.
- LEM-191-15, con relación agua/cemento de 0.55, se diseñó con 355 kg de cemento; con 7.10 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 37.
- LEM-192-15, con relación agua/cemento de 0.50, se diseñó con 390 kg de cemento; con 7.80 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 38.
- LEM-203-15, con relación agua/cemento de 0.45, se diseñó con 432 kg de cemento; con 8.64 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 39.
- LEM-204-15, con relación agua/cemento de 0.40, se diseñó con 487 kg de cemento; con 9.74 kg de Sika WT-100 (2% del peso del cemento), mostrado en la tabla 40.

Tabla 33. Diseño WT 100 LEM-187-15 (relación a/c=0.75)

M.F. Arena		3.01
M.F. Piedra # 57		0.00
M.F. Piedra # 67		6.49
M.F. Global		4.72
Vol. Agregados	0.70	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	260	kg
Filler	0	%

Código	LEM-187-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	05/08/2015
Rel. a/c	0.73

Dosificación	
Sika WT-100	2.00% % = 19.61 cc

Ensayos a realizar													
Asentamiento 6"													
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)													
2 probetas (6"x6")													
PU y Aire													

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				260	0.08254	260	260.0	6.50	261	261	0.08286
Agua	Sika Peru	1000				190	0.18990	189.90	184.63	4.62	185	191	0.19084
Arena	Jicamarca	2644	2.67	1.77	0.90	943.33	0.35678	960.03	968.52	24.21	972.23	946.95	0.35815
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.43	0.78	-0.35	918.33	0.34279	925.50	922.28	23.06	925.82	921.86	0.34411
Sika WT-100	Sika Peru	1020				5.20	0.00510	5.2000	5.2000	130.000	5219.94864	5220	5.11760
Aire						2.00%	0.0200						-7.9935
TOTAL						2320	1.0000	2344	2343.7	58.46	10696.30	10672.57	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 34. Diseño WT 100 LEM-188-15 (relación a/c=0.70)



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA
MEZCLA DE PRUEBA**

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.72

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	278 kg
Filler	0 %

Código **LEM-188-15**

Fecha **05/08/2015**

Tesistas **J. Gutierrez / J. Salazar**

Rel. a/c **0.70**

Dosificación
Sika WT-100 **2.00%** % = **19.61** cc

Vol. Agregados	0.69	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				278	0.08825	278	278.0	6.95	279	279	0.08870
Agua	Sika Peru	1000				190	0.18955	189.55	184.32	4.61	185	191	0.19071
Arena	Jicamarca	2644	2.67	1.77	0.90	935.01	0.35363	951.56	959.97	24.00	964.78	939.69	0.35540
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.43	0.78	-0.35	910.23	0.33977	917.33	914.15	22.85	918.73	914.79	0.34147
Sika WT-100	Sika Peru	1020				5.56	0.00545	5.5600	5.5600	139.000	5587.846575	5588	5.47828
Aire						2.00%	0.0200						-8.8176
TOTAL						2322	1.0000	2346	2345.6	58.50	11568.09	11544.53	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 35. Diseño WT 100 LEM-189-15 (relación a/c=0.65)



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.72

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	300 kg
Filler	0 %

Código	LEM-189-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	05/08/2015
Rel. a/c	0.63

Vol. Agregados	0.69	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Dosificación
Sika WT-100 **2.00%** % = **19.61** cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				300	0.09524	300	300.0	7.50	303	303	0.09633
Agua	Sika Peru	1000				189	0.18912	189.12	183.95	4.60	186	191	0.19150
Arena	Jicamarca	2644	2.67	1.77	0.90	924.86	0.34980	941.23	949.55	23.74	960.45	935.47	0.35381
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.43	0.78	-0.35	900.35	0.33608	907.38	904.22	22.61	914.60	910.68	0.33993
Sika WT-100	Sika Peru	1020				6.00	0.00588	6.0000	6.0000	150.00	6068.848487	6069	5.94985
Aire						2.00%	0.0200						-9.8649
TOTAL						2325	1.0000	2348	2347.9	58.55	12681.59	12658.14	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 36. Diseño WT 100 LEM-190-15 (relación a/c=0.60)



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.72

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	325 kg
Filler	0 %

Código	LEM-190-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	06/08/2015
Rel. a/c	0.60

Vol. Agregados	0.68	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Dosificación
Sika WT-100 **2.00%** % = **19.61** cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				325	0.10317	325	325.0	8.13	327	327	0.10372
Agua	Sika Peru	1000				189	0.18863	188.63	187.09	4.68	188	190	0.18971
Arena	Jicamarca	2644	2.25	1.77	0.48	914.13	0.34574	930.31	934.69	23.37	939.65	918.98	0.34757
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.46	0.78	-0.32	889.90	0.33218	896.84	894.00	22.35	898.74	894.63	0.33394
Sika WT-100	Sika Peru	1020				6.50	0.00637	6.5000	6.5000	162.500	6534.492785	6534	6.40637
Aire						2.00%	0.0200						-10.3141
TOTAL						2328	1.0000	2352	2351.5	58.63	13135.11	13111.95	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 37. Diseño WT 100 LEM-191-15 (relación a/c=0.55)

M.F. Arena		3.01
M.F. Piedra # 57		0.00
M.F. Piedra # 67		6.49
M.F. Global		4.72
Vol. Agregados	0.67	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	355	kg
Filler	0	%

Código	LEM-191-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	06/08/2015
Rel. a/c	0.53

Dosificación	
Sika WT-100	2.00% % = 19.61 cc

Ensayos a realizar													
Asentamiento 6"													
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)													
2 probetas (6"x6")													
PU y Aire													

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				355	0.11270	355	355.0	8.88	357	357	0.11328
Agua	Sika Peru	1000				188	0.18804	188.04	186.52	4.66	187	189	0.18909
Arena	Jicamarca	2644	2.25	1.77	0.48	900.80	0.34069	916.74	921.06	23.03	925.82	905.45	0.34245
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.46	0.78	-0.32	876.93	0.32733	883.77	880.96	22.02	885.51	881.45	0.32902
Sika WT-100	Sika Peru	1020				7.10	0.00696	7.1000	7.1000	177.500	7136.650952	7137	6.99672
Aire						2.00%	0.0200						-11.2658
TOTAL						2332	1.0000	2355	2355.3	58.70	14131.12	14108.30	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 38. Diseño WT 100 LEM-192-15 (relación a/c=0.50)

M.F. Arena		3.01
M.F. Piedra # 57		0.00
M.F. Piedra # 67		6.49
M.F. Global		4.72
Vol. Agregados	0.66	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	390	kg
Filler	0	%

Código	LEM-192-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	06/08/2015
Rel. a/c	0.50

Dosificación	
Sika WT-100	2.00% % = 19.61 cc

Ensayos a realizar													
Asentamiento 6"													
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)													
2 probetas (6"x6")													
PU y Aire													

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				390	0.12381	390	390	9.75	392	392	0.12455
Agua	Sika Peru	1000				187	0.18735	187.35	185.86	4.65	187	189	0.18856
Arena	Jicamarca	2644	2.25	1.77	0.48	885.25	0.33481	900.91	905.16	22.63	910.59	890.56	0.33682
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.46	0.78	-0.32	861.79	0.32168	868.51	865.75	21.64	870.95	866.96	0.32361
Sika WT-100	Sika Peru	1020				7.80	0.00765	7.8000	7.8000	195.00	7846.79404	7847	7.69294
Aire						2.00%	0.0200						-12.3891
TOTAL						2337	1.0000	2360	2359.6	58.80	15308.07	15285.63	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 39. Diseño WT 100 LEM-203-15 (relación a/c=0.45)



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.75

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	432 kg
Filler	0 %

Código: LEM-203-15

Fecha: 12/08/2015

Tesistas: J. Gutierrez / J. Salazar

Rel. a/c: 0.43

Dosificación
Sika WT-100 2.00% % = 19.61 cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Vol. Agregados	0.64	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				432	0.13714	432	432.0	10.80	-90	-90	-0.02859
Agua	Sika Peru	1000				187	0.18653	186.53	181.65	4.54	-38	-39	-0.03892
Arena	Jicamarca	2644	2.71	1.77	0.94	848.01	0.32073	863.02	870.99	21.77	-181.56	-176.77	-0.06686
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.42	0.78	-0.36	859.23	0.32073	865.93	862.84	21.57	-179.86	-179.11	-0.06686
Sika WT-100	Sika Peru	1020				8.64	0.00847	8.6400	8.6400	216.000	-1801.034685	-1801	-1.76572
Aire						2.00%	0.0200						4.3010
TOTAL						2341	1.0000	2363	2363.0	58.86	-3731.20	-3726.72	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 40. Diseño WT 100 LEM-204-15 (relación a/c=0.40)



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA
MEZCLA DE PRUEBA**

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.75

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	487 kg
Filler	0 %

Código	LEM-204-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	12/08/2015
Rel. a/c	0.40

Vol. Agregados	0.62	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Dosificación
Sika WT-100 **2.00%** % = **19.61** cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				487	0.15460	487	487.0	12.18	-101	-101	-0.03215
Agua	Sika Peru	1000				185	0.18545	185.45	180.71	4.52	-38	-39	-0.03861
Arena	Jicamarca	2644	2.71	1.77	0.94	823.85	0.31159	838.43	846.17	21.15	-175.97	-171.33	-0.06480
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.42	0.78	-0.36	834.75	0.31159	841.26	838.26	20.96	-174.33	-173.60	-0.06480
Sika WT-100	Sika Peru	1020				9.74	0.00955	9.7400	9.7400	243.50	-2025.563615	-2026	-1.98585
Aire						2.00%	0.0200						4.6866
TOTAL						2349	1.0000	2370	2369.7	59.00	-4135.17	-4130.83	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

4.1.3.2.2. Diseño de mezclas con aditivos Sika WT-200

- Diseño LEM-205-15, con relación agua/cemento de 0.75, se diseñó con 260 kg de cemento; con 2.60 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 41.
- Diseño LEM-212-15, con relación agua/cemento de 0.70, se diseñó con 278 kg de cemento; con 2.78 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 42.
- Diseño LEM-211-15 con relación agua/cemento de 0.65, se diseñó con 300 kg de cemento; con 3.00 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 43.
- Diseño LEM-210-15, con relación agua/cemento de 0.60, se diseñó con 325 kg de cemento; con 3.25 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 44.
- Diseño LEM-213-15, con relación agua/cemento de 0.55, se diseñó con 355 kg de cemento; con 3.55 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 45.
- Diseño LEM-214-15, con relación agua/cemento de 0.50, se diseñó con 390 kg de cemento; con 3.90 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 46.
- Diseño LEM-215-15, con relación agua/cemento de 0.45, se diseñó con 432 kg de cemento; con 4.32 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 47.
- Diseño LEM-221-15, con relación agua/cemento de 0.40, se diseñó con 487 kg de cemento; con 4.87 kg de Sika WT-200 (1% del cemento), mostrado en la tabla 48.

Tabla 41. Diseño WT 200 LEM-205-15 (relación a/c=0.75)



**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA
MEZCLA DE PRUEBA**

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.75

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	260 kg
Filler	0 %

Código **LEM-205-15**

Fecha **12/08/2015**

Tesistas **J. Gutierrez / J. Salazar**

Rel. a/c **0.75**

Dosificación
Sika WT-200 **1.00%** % = **13.33** cc

Vol. Agregados	0.70	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				260	0.08254	260	260.0	6.50	-55	-55	-0.01736
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	189.71	4.74	-40	-41	-0.04105
Arena	Jicamarca	2644	2.71	1.77	0.94	919.93	0.34793	936.22	944.86	23.62	-198.68	-193.44	-0.07316
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.42	0.78	-0.36	932.11	0.34793	939.38	936.02	23.40	-196.82	-196.00	-0.07316
Sika WT-200	Sika Peru	750				2.60	0.00347	2.6000	2.6000	65.000	-546.7188713	-547	-0.72896
Aire						2.00%	0.0200						2.5918
TOTAL						2313	1.0000	2337	2336.6	58.35	-1747.52	-1742.62	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 42. Diseño WT 200 LEM-212-15 (relación a/c=0.70)



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.72

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	278 kg
Filler	0 %

Código **LEM-212-15**

Fecha **12/08/2015**

Tesistas **J. Gutierrez / J. Salazar**

Rel. a/c **0.70**

Dosificación
Sika WT-200 **1.00%** % = **9.80** cc

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Vol. Agregados	0.69	
Arena	51	%
Piedra # 67	49	%
Piedra # 5	0	%

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				278	0.08825	278	278.0	6.95	278	278	0.08825
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	194.50	4.86	195	195	0.19502
Arena	Jicamarca	2644	1.94	1.77	0.17	932.03	0.35251	948.52	950.11	23.75	950.12	932.03	0.35251
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.66	0.78	-0.12	907.33	0.33868	914.41	913.32	22.83	913.33	907.34	0.33869
Sika WT-200	Sika Peru	1020				2.78	0.00273	2.7800	2.7800	69.500	2780.02	2780	2.72551
Aire						2.00%	0.0200						-5.5315
TOTAL						2318	1.0000	2342	2341.8	58.47	8173.99	8150.44	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 43. Diseño WT 200 LEM-211-15 (relación a/c=0.65)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA						UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES																					
		<table border="1"> <tr><td>M.F. Arena</td><td>3.01</td></tr> <tr><td>M.F. Piedra # 57</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>M.F. Piedra # 67</td><td>6.49</td></tr> <tr><td>M.F. Global</td><td>4.72</td></tr> </table>	M.F. Arena	3.01	M.F. Piedra # 57	0.00	M.F. Piedra # 67	6.49	M.F. Global	4.72	<table border="1"> <tr><td>Volumen de tanda</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>Cemento total</td><td>300 kg</td></tr> <tr><td>Filler</td><td>0 %</td></tr> </table>	Volumen de tanda	0.025	Cemento total	300 kg	Filler	0 %	<table border="1"> <tr><td>Código</td><td>LEM-211-15</td></tr> <tr><td>Tesistas</td><td>J. Gutierrez / J. Salazar</td></tr> </table>	Código	LEM-211-15	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	<table border="1"> <tr><td>Fecha</td><td>13/08/2015</td></tr> <tr><td>Rel. a/c</td><td>0.65</td></tr> </table>	Fecha	13/08/2015	Rel. a/c	0.65		
M.F. Arena	3.01																												
M.F. Piedra # 57	0.00																												
M.F. Piedra # 67	6.49																												
M.F. Global	4.72																												
Volumen de tanda	0.025																												
Cemento total	300 kg																												
Filler	0 %																												
Código	LEM-211-15																												
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar																												
Fecha	13/08/2015																												
Rel. a/c	0.65																												
<table border="1"> <tr><td>Vol. Agregados</td><td>0.68</td></tr> <tr><td>Arena</td><td>51 %</td></tr> <tr><td>Piedra # 67</td><td>49 %</td></tr> <tr><td>Piedra # 5</td><td>0 %</td></tr> </table>	Vol. Agregados	0.68	Arena	51 %	Piedra # 67	49 %	Piedra # 5	0 %	Dosificación Sika WT-200 1.00% % = 9.80 cc	<table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Ensayos a realizar</td></tr> <tr><td colspan="2">Asentamiento 6"</td></tr> <tr><td colspan="2">6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)</td></tr> <tr><td colspan="2">2 probetas (6"x6")</td></tr> <tr><td colspan="2">PU y Aire</td></tr> </table>	Ensayos a realizar		Asentamiento 6"		6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)		2 probetas (6"x6")		PU y Aire										
Vol. Agregados	0.68																												
Arena	51 %																												
Piedra # 67	49 %																												
Piedra # 5	0 %																												
Ensayos a realizar																													
Asentamiento 6"																													
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)																													
2 probetas (6"x6")																													
PU y Aire																													
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)																
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				300	0.09524	300	300.0	7.50	301	301	0.09548																
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	194.51	4.86	195	196	0.19552																
Arena	Jicamarca	2644	1.94	1.77	0.17	922.28	0.34882	938.60	940.17	23.50	942.57	924.63	0.34971																
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.66	0.78	-0.12	897.84	0.33514	904.84	903.77	22.59	906.07	900.13	0.33600																
Sika WT-200	Sika Peru	1020				3.00	0.00294	3.0000	3.0000	75.000	3007.663056	3008	2.94869																
Aire						2.00%	0.0200						-5.7938																
TOTAL						2321	1.0000	2345	2344.5	58.54	8449.98	8426.61	1.00000																

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 44. Diseño WT 200 LEM-210-15 (relación a/c=0.60)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA											UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
M.F. Arena	3.01	Volumen de tanda	0.025	Código	LEM-210-15	Fecha	13/08/2015								
M.F. Piedra # 57	0.00	Cemento total	325 kg	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	Rel. a/c	0.60								
M.F. Piedra # 67	6.49	Filler	0 %												
M.F. Global	4.75														
Dosificación Sika WT-200 1.00% % = 9.80 cc															
Vol. Agregados 0.67 Arena 50 % Piedra # 67 50 % Piedra # 5 0 %															
Ensayos a realizar Asentamiento 6" 6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d) 2 probetas (6"x6") PU y Aire															
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)		
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				325	0.10317	325	325.0	8.13	329	329	0.10436		
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	194.57	4.86	197	197	0.19726		
Arena	Jicamarca	2644	1.94	1.77	0.17	891.19	0.33706	906.97	908.48	22.71	918.92	901.44	0.34094		
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.66	0.78	-0.12	902.99	0.33706	910.03	908.95	22.72	919.40	913.37	0.34094		
Sika WT-200	Sika Peru	1020				3.25	0.00319	3.2500	3.2500	81.25	3287.36	3287	3.22290		
Aire						2.00%	0.0200						-7.7722		
TOTAL						2322	1.0000	2345	2345.1	58.55	10582.25	10559.19	1.00000		

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 45. Diseño WT 200 LEM-213-15 (relación a/c=0.55)



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.75

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	354 kg
Filler	0 %

Código: LEM-213-15

Fecha: 13/08/2015

Tesistas: J. Gutierrez / J. Salazar

Rel. a/c: 0.55

Dosificación
Sika WT-200 1.00% % = 13.33 cc

Ensayos a realizar	
Asentamiento 6"	
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)	
2 probetas (6"x6")	
PU y Aire	

Vol. Agregados	0.66	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				354	0.11238	354	354.0	8.85	359	359	0.11411
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	191.62	4.79	195	198	0.19814
Arena	Jicamarca	2644	2.46	1.77	0.69	876.46	0.33149	891.98	898.02	22.45	911.84	889.95	0.33659
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.48	0.78	-0.30	888.06	0.33149	894.99	892.33	22.31	906.06	901.73	0.33659
Sika WT-200	Sika Peru	750				3.54	0.00472	3.5400	3.5400	88.500	3594.472729	3594	4.79263
Aire						2.00%	0.0200						-9.7704
TOTAL						2322	1.0000	2345	2344.8	58.53	11358.10	11335.45	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 46. Diseño WT 200 LEM-214-15 (relación a/c=0.50)

M.F. Arena		3.01	
M.F. Piedra # 57		0.00	
M.F. Piedra # 67		6.49	
M.F. Global		4.75	
Vol. Agregados	0.65		
Arena	50	%	
Piedra # 67	50	%	
Piedra # 5	0	%	

Volumen de tanda	0.025	
Cemento total	390	kg
Filler	0	%

Código	LEM-214-15
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar

Fecha	19/08/2015
Rel. a/c	0.50

Dosificación	
Sika WT-200	1.00% % = 13.33 cc

Ensayos a realizar	
Asentamiento 6"	
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)	
2 probetas (6"x6")	
PU y Aire	

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	%H-%A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				390	0.12381	390	390.0	9.75	397	397	0.12588
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	191.68	4.79	195	198	0.19840
Arena	Jicamarca	2644	2.46	1.77	0.69	859.58	0.32511	874.80	880.73	22.02	895.45	873.95	0.33054
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.48	0.78	-0.30	870.96	0.32511	877.75	875.14	21.88	889.77	885.52	0.33054
Sika WT-200	Sika Peru	750				3.90	0.00520	3.9000	3.9000	97.500	3965.210325	3965	5.28695
Aire						2.00%	0.0200						-11.1467
TOTAL						2326	1.0000	2348	2347.7	58.59	12686.18	12663.94	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 47. Diseño WT 200 LEM-215-15 (relación a/c=0.45)



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

M.F. Arena	3.01
M.F. Piedra # 57	0.00
M.F. Piedra # 67	6.49
M.F. Global	4.75

Volumen de tanda	0.025
Cemento total	432 kg
Filler	0 %

Código **LEM-215-15**

Fecha **19/08/2015**

Tesistas **J. Gutierrez / J. Salazar**

Rel. a/c **0.45**

Dosificación
Sika WT-200 **1.00%** % = **13.33** cc

Vol. Agregados	0.64	
Arena	50	%
Piedra # 67	50	%
Piedra # 5	0	%

Ensayos a realizar
Asentamiento 6"
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)
2 probetas (6"x6")
PU y Aire

Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				432	0.13714	432	432.0	10.80	440	440	0.13956
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	191.76	4.79	195	199	0.19856
Arena	Jicamarca	2644	2.46	1.77	0.69	840.39	0.31785	855.27	861.07	21.53	876.22	855.18	0.32344
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.48	0.78	-0.30	851.52	0.31785	858.16	855.60	21.39	870.66	866.50	0.32344
Sika WT-200	Sika Peru	750				4.32	0.00576	4.3200	4.3200	108.000	4396.03688	4396	5.86138
Aire						2.00%	0.0200						-12.3590
TOTAL						2330	1.0000	2352	2351.7	58.68	13811.31	13789.55	1.00000

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 48. Diseño WT 200 LEM-221-15 (relación a/c=0.40)

		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA						UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																								
		<table border="1"> <tr><td>M.F. Arena</td><td>3.01</td></tr> <tr><td>M.F. Piedra # 57</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>M.F. Piedra # 67</td><td>6.49</td></tr> <tr><td>M.F. Global</td><td>4.75</td></tr> </table>	M.F. Arena	3.01	M.F. Piedra # 57	0.00	M.F. Piedra # 67	6.49	M.F. Global	4.75	<table border="1"> <tr><td>Volumen de tanda</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>Cemento total</td><td>487 kg</td></tr> <tr><td>Filler</td><td>0 %</td></tr> </table>	Volumen de tanda	0.025	Cemento total	487 kg	Filler	0 %	<table border="1"> <tr><td>Código</td><td>LEM-221-15</td></tr> <tr><td>Tesistas</td><td>J. Gutierrez / J. Salazar</td></tr> </table>	Código	LEM-221-15	Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar	<table border="1"> <tr><td>Fecha</td><td>19/08/2015</td></tr> <tr><td>Rel. a/c</td><td>0.40</td></tr> </table>	Fecha	19/08/2015	Rel. a/c	0.40																																																																																					
M.F. Arena	3.01																																																																																																															
M.F. Piedra # 57	0.00																																																																																																															
M.F. Piedra # 67	6.49																																																																																																															
M.F. Global	4.75																																																																																																															
Volumen de tanda	0.025																																																																																																															
Cemento total	487 kg																																																																																																															
Filler	0 %																																																																																																															
Código	LEM-221-15																																																																																																															
Tesistas	J. Gutierrez / J. Salazar																																																																																																															
Fecha	19/08/2015																																																																																																															
Rel. a/c	0.40																																																																																																															
<table border="1"> <tr><td>Vol. Agregados</td><td>0.62</td></tr> <tr><td>Arena</td><td>50 %</td></tr> <tr><td>Piedra # 67</td><td>50 %</td></tr> <tr><td>Piedra # 5</td><td>0 %</td></tr> </table>	Vol. Agregados	0.62	Arena	50 %	Piedra # 67	50 %	Piedra # 5	0 %	<table border="1"> <tr><td>Dosificación</td><td></td></tr> <tr><td>Sika WT-200</td><td>1.00% % = 13.33 cc</td></tr> </table>	Dosificación		Sika WT-200	1.00% % = 13.33 cc	<table border="1"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Ensayos a realizar</td></tr> <tr><td colspan="2">Asentamiento 6"</td></tr> <tr><td colspan="2">6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)</td></tr> <tr><td colspan="2">2 probetas (6"x6")</td></tr> <tr><td colspan="2">PU y Aire</td></tr> </table>		Ensayos a realizar		Asentamiento 6"		6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)		2 probetas (6"x6")		PU y Aire																																																																																								
Vol. Agregados	0.62																																																																																																															
Arena	50 %																																																																																																															
Piedra # 67	50 %																																																																																																															
Piedra # 5	0 %																																																																																																															
Dosificación																																																																																																																
Sika WT-200	1.00% % = 13.33 cc																																																																																																															
Ensayos a realizar																																																																																																																
Asentamiento 6"																																																																																																																
6 probetas 4"x8" (3, 7 y 28 d)																																																																																																																
2 probetas (6"x6")																																																																																																																
PU y Aire																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Materiales</th> <th>Procedencia</th> <th>Peso específico kg/m³</th> <th>Humedad %</th> <th>Abs. %</th> <th>% H-% A</th> <th>Peso seco kg/m³</th> <th>Volumen</th> <th>Peso S.S.S. kg/m³</th> <th>Corrección por humedad</th> <th>Tanda prueba dosificación (kg)</th> <th>Dos. Hum.Real (kg/m³)</th> <th>Dos. Seco Real (kg/m³)</th> <th>Volumen real (m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento T-I</td> <td>Cemento Sol</td> <td>3150</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>487</td> <td>0.15460</td> <td>487</td> <td>487.0</td> <td>12.18</td> <td>495</td> <td>495</td> <td>0.15728</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>Sika Peru</td> <td>1000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>195</td> <td>0.19500</td> <td>195.00</td> <td>198.71</td> <td>4.97</td> <td>202</td> <td>198</td> <td>0.19835</td> </tr> <tr> <td>Arena</td> <td>Jicamarca</td> <td>2644</td> <td>1.69</td> <td>1.77</td> <td>-0.08</td> <td>815.26</td> <td>0.30834</td> <td>829.69</td> <td>829.04</td> <td>20.73</td> <td>843.38</td> <td>829.36</td> <td>0.31368</td> </tr> <tr> <td>Piedra # 67</td> <td>Jicamarca</td> <td>2679</td> <td>0.41</td> <td>0.78</td> <td>-0.37</td> <td>826.05</td> <td>0.30834</td> <td>832.50</td> <td>829.44</td> <td>20.74</td> <td>843.78</td> <td>840.34</td> <td>0.31368</td> </tr> <tr> <td>Sika WT-200</td> <td>Sika Peru</td> <td>750</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>4.87</td> <td>0.00649</td> <td>4.8700</td> <td>4.8700</td> <td>121.750</td> <td>4954.217434</td> <td>4954</td> <td>6.60562</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.00%</td> <td>0.0200</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-13.9282</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2336</td> <td>1.0000</td> <td>2357</td> <td>2356.9</td> <td>58.80</td> <td>15265.69</td> <td>15244.44</td> <td>1.00000</td> </tr> </tbody> </table>	Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)	Cemento T-I	Cemento Sol	3150				487	0.15460	487	487.0	12.18	495	495	0.15728	Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	198.71	4.97	202	198	0.19835	Arena	Jicamarca	2644	1.69	1.77	-0.08	815.26	0.30834	829.69	829.04	20.73	843.38	829.36	0.31368	Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.41	0.78	-0.37	826.05	0.30834	832.50	829.44	20.74	843.78	840.34	0.31368	Sika WT-200	Sika Peru	750				4.87	0.00649	4.8700	4.8700	121.750	4954.217434	4954	6.60562	Aire						2.00%	0.0200						-13.9282	TOTAL						2336	1.0000	2357	2356.9	58.80	15265.69	15244.44	1.00000
Materiales	Procedencia	Peso específico kg/m ³	Humedad %	Abs. %	% H-% A	Peso seco kg/m ³	Volumen	Peso S.S.S. kg/m ³	Corrección por humedad	Tanda prueba dosificación (kg)	Dos. Hum.Real (kg/m ³)	Dos. Seco Real (kg/m ³)	Volumen real (m ³)																																																																																																			
Cemento T-I	Cemento Sol	3150				487	0.15460	487	487.0	12.18	495	495	0.15728																																																																																																			
Agua	Sika Peru	1000				195	0.19500	195.00	198.71	4.97	202	198	0.19835																																																																																																			
Arena	Jicamarca	2644	1.69	1.77	-0.08	815.26	0.30834	829.69	829.04	20.73	843.38	829.36	0.31368																																																																																																			
Piedra # 67	Jicamarca	2679	0.41	0.78	-0.37	826.05	0.30834	832.50	829.44	20.74	843.78	840.34	0.31368																																																																																																			
Sika WT-200	Sika Peru	750				4.87	0.00649	4.8700	4.8700	121.750	4954.217434	4954	6.60562																																																																																																			
Aire						2.00%	0.0200						-13.9282																																																																																																			
TOTAL						2336	1.0000	2357	2356.9	58.80	15265.69	15244.44	1.00000																																																																																																			

Fuente y elaboración: Propia.

4.2. Análisis e interpretación de los resultados

4.2.1. Ensayos de concreto fresco

4.2.1.1. Slump flow

El slump es el asentamiento, representa la resistencia que pone el concreto a experimentar deformaciones, se le llama también consistencia y mediante el cono de Abrams que es una prueba sencilla que se hace a nivel de campo y de laboratorio.

El ensayo de slump proporciona información útil sobre la uniformidad de las mezclas y es una herramienta muy importante en el control de calidad del concreto fresco. Las variaciones en el slump en varias mezclas de una misma dosificación indican que algún cambio ha ocurrido en las características físicas y granulometría de los agregados, el contenido de aire, la temperatura o en el uso de aditivos.

El ensayo de extensión de flujo, o Slump flow en inglés, es el método más simple y el más utilizado, debido a la sencillez del equipo que se precisa.

Permite estimar la capacidad de relleno (fluidez) de la mezcla (sin obstáculos). Está basado en el aparato y procedimiento del ensayo del cono de Abrams, el cual es probablemente el ensayo más universal para la determinación de la docilidad o trabajabilidad del concreto fresco. Se desarrolló por primera vez en Japón, para el uso en la valoración del concreto sumergido.

Los resultados obtenidos de los diseños de concreto patrón, WT-100 y WT-200, se muestran en la tabla 49, 50 y 51, respectivamente. Se muestra en la figura 4, los ensayos de Slump Flow, realizados en los tres diseños ya mencionados.

Tabla 49. Slump Flow del diseño patrón

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Diseño Patrón	Relación a/c	Slump (pulgadas)
LEM-159-15	0.75	6.00
LEM-160-15	0.70	6.00
LEM-161-15	0.65	6.50
LEM-170-15	0.60	7.00
LEM-171-15	0.55	6.50
LEM-172-15	0.50	6.50
LEM-180-15	0.45	8.00
LEM-181-15	0.40	7.25

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 50. Slump Flow del diseño WT – 100

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Diseño WT - 100	Relación a/c	Slump (pulgadas)
LEM-187-15	0.75	5.00
LEM-188-15	0.70	7.50
LEM-189-15	0.65	7.25
LEM-190-15	0.60	5.50
LEM-191-15	0.55	5.50
LEM-192-15	0.50	5.75
LEM-203-15	0.45	7.00
LEM-204-15	0.40	7.25

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 51. Slump Flow del diseño WT – 200

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Diseño WT - 200	Relación a/c	Slump (pulgadas)
LEM-205-15	0.75	5.00
LEM-212-15	0.70	7.50
LEM-211-15	0.65	7.25
LEM-210-15	0.60	5.50
LEM-213-15	0.55	5.50
LEM-214-15	0.50	5.75
LEM-215-15	0.45	7.00
LEM-221-15	0.40	7.25

Fuente y elaboración: Propia.

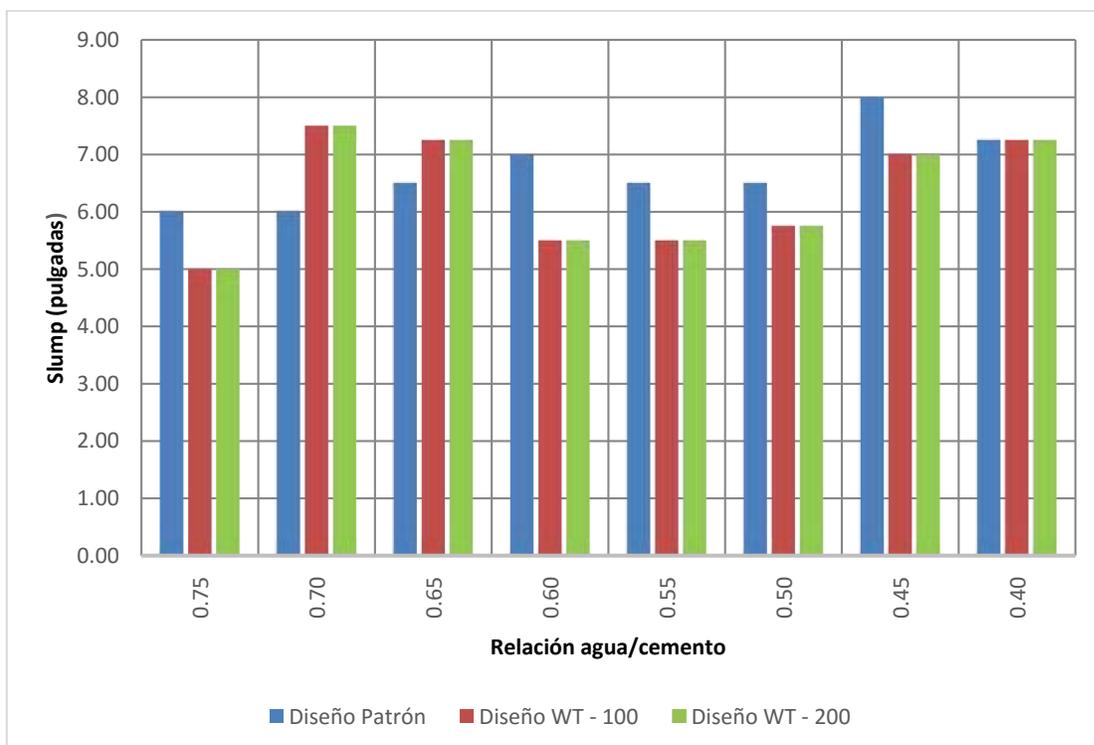


Figura 4. Slump Flow

Fuente y elaboración: Propia.

4.2.1.2. Peso unitario

El peso unitario se obtiene al pesar el concreto fresco compactado en un recipiente estandarizado, de volumen y masa conocido, cuyo procedimiento se describe en la norma NTP 339.046, mostrado en la tabla 52.

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 kg/m³. El peso unitario (densidad) del concreto varía, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, los mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado.

Equipos y accesorios

- Barra compactadora, recta de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600 mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.

Tabla 52. Capacidad del recipiente para el ensayo de peso unitario

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Capacidad recipiente		Tamaño máximo del agregado	
ps ³	dm ³	pulgadas	mm
1/10	3	1/2	12.5
1/3	10	1	25.4
1/2	15	1 1/2	38.1
1	30	2	50.8

Fuente y elaboración: Propia.

En este caso, la capacidad del recipiente es de 1/3 ps³.

Calibración del recipiente

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16.7°C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C (1000 kg/m³) por el peso del agua a 16.7°C necesario para llenar el recipiente. Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

Expresión de resultados

Se determina el peso neto del concreto en el recipiente. El peso unitario del concreto (PU), se obtiene multiplicando el peso neto del concreto (Wc) por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

4.2.1.3. Contenido de aire (NTP 339.036)

Toda mezcla de concreto tiene aire atrapado entre los materiales (agua, cemento y agregados). La cantidad de este aire depende de las propiedades físicas del agregado, del método de compactación y de las proporciones en que se han combinado los ingredientes en la mezcla. Generalmente este aire ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla salvo que el concreto esté expuesto a cambios bruscos de temperatura (congelarse y descongelarse), para lo cual se necesita incorporar aire mediante el uso de aditivos, por lo tanto el volumen de aire en la mezcla aumentaría.

Hay tres métodos para medir el contenido de aire total en el concreto fresco:

- a) Gravimétrico
- b) Volumétrico
- c) De presión

El método más confiable y exacto es el de presión, el cual se basa en la relación entre el volumen de aire y la presión aplicada (a una temperatura constante). No se necesita conocer las proporciones de la mezcla o las propiedades de los materiales, el porcentaje de aire se obtiene directamente. Los resultados obtenidos de los diseños de concreto patrón, WT- 100 y WT-200, se muestran en la tabla 53, 54 y 55, respectivamente. Se muestra en la figura 5, los ensayos de contenido de aire, realizados en los tres diseños ya mencionados.

Tabla 53. Contenido de aire del diseño patrón

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Diseño Patrón	Relación a/c	Contenido de aire
LEM-159-15	0.75	2.00%
LEM-160-15	0.70	2.10%
LEM-161-15	0.65	2.00%
LEM-170-15	0.60	1.40%
LEM-171-15	0.55	1.50%
LEM-172-15	0.50	1.50%
LEM-180-15	0.45	1.60%
LEM-181-15	0.40	1.80%

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 54. Contenido de aire del diseño WT – 100

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Diseño WT - 100	Relación a/c	Contenido de aire
LEM-187-15	0.75	2.80%
LEM-188-15	0.70	2.50%
LEM-189-15	0.65	2.30%
LEM-190-15	0.60	2.20%
LEM-191-15	0.55	2.70%
LEM-192-15	0.50	2.50%
LEM-203-15	0.45	1.50%
LEM-204-15	0.40	1.30%

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 55. Contenido de aire del diseño WT – 200

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		
Diseño WT - 200	Relación a/c	Contenido de aire
LEM-205-15	0.75	2.00%
LEM-212-15	0.70	1.90%
LEM-211-15	0.65	1.80%
LEM-210-15	0.60	1.60%
LEM-213-15	0.55	1.80%
LEM-214-15	0.50	1.60%
LEM-215-15	0.45	1.50%
LEM-221-15	0.40	1.20%

Fuente y elaboración: Propia.

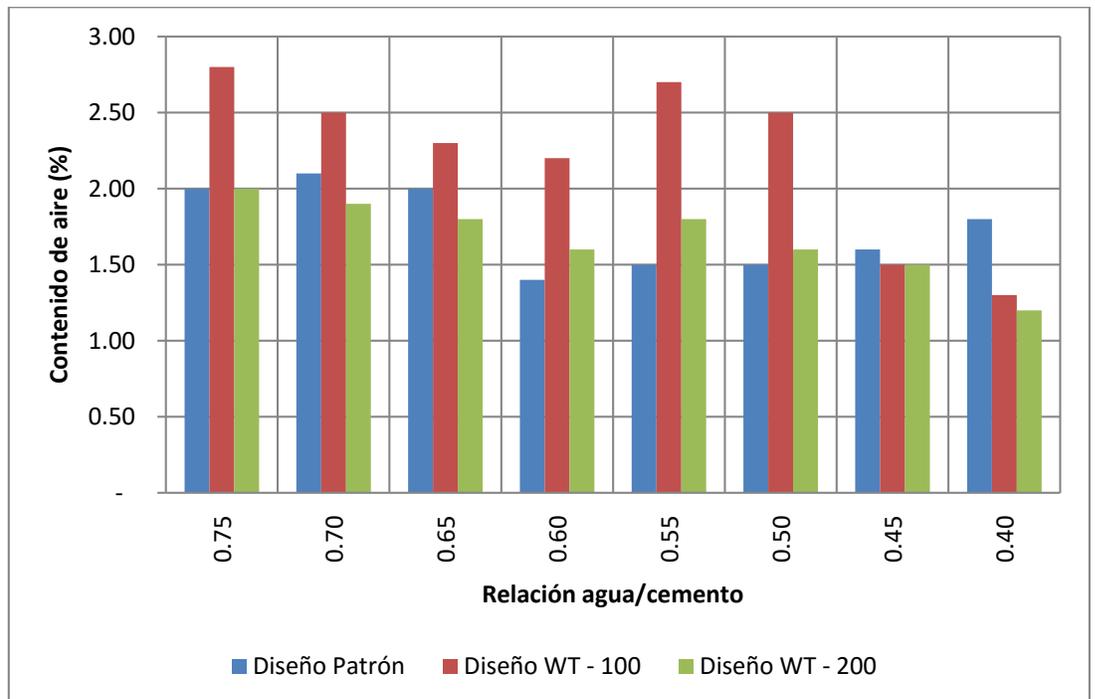


Figura 5. Contenido de aire

Fuente y elaboración: Propia.

4.2.2. Concreto endurecido

La resistencia a la compresión del concreto, está referida a la relación que hay entre la carga máxima aplicada por la unidad de área del espécimen antes de la falla, la cual se produce por la zona más débil generando internamente cohesión y fricción.

4.2.2.1. Ensayo para determinar la resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

a) Objeto

La presente norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas con hormigón o de testigos diamantino extraídos de concreto endurecido.

b) Resumen del método

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos o corazones en una velocidad tal que esté dentro del rango especificado antes que la falla ocurra.

El esfuerzo a la compresión de la muestra está calculado por el cociente de la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la muestra.

c) Tolerancias de tiempo

Las probetas a ser ensayadas, están sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas en la tabla 56.

Tabla 56. Tolerancia de tiempo

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	
Edad de ensayo	Tolerancia de tiempo permisible NTP 339.034
24h	±0.5 h o ±2.1%
3d	±2.0 h o ±2.8%
7d	±6.0 h o ±3.6%
28d	±20.0 h o ±3.0%
90d	±48.0 h o ±2.2%

Fuente: NTP 339.034. Elaboración: Propia.

La carga debe ser aplicada en forma continua, evitando choques. Para máquinas de Tornillo, el desplazamiento del cabezal móvil es de aproximadamente 1.3 mm/min, cuando lo hace libremente. Para máquinas operadas hidráulicamente la velocidad de la carga está en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s. Se aplica la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4G}{\pi \times d^2}$$

Donde:

R_c , Resistencia de rotura a la compresión, en kg/cm².

G, Carga máxima de rotura, en kg.

d, Diámetro de la probeta cilíndrica, en cm.

d) Informe

El informe incluye los siguientes datos:

- Identificación de la probeta.
- Diámetro y longitud de la probeta, en cm.
- Carga máxima, en kg.
- Resistencia de rotura.
- Edad de ensayo de la probeta.
- Defectos observados en la probeta, si los hubiera.
- Tipo de fractura, en el caso que no sea en forma de cono.
- Peso de la muestra sin capa de terminado.

Los resultados obtenidos del ensayo para determinar la resistencia a la compresión en función al tiempo de curado (en kg/cm^2) se muestran en la tabla 57.

Se muestra en la figura 6, 7 y 8, la resistencia a la compresión de los diseños de concreto patrón, WT – 100 y WT – 200, respectivamente.

En la tabla 58 y en las figuras 9 y 10, se muestra la resistencia a la compresión a los 3 días de los diseños de concreto.

En la tabla 59 y en las figuras 11 y 12, se muestra la resistencia a la compresión a los 7 días de los diseños de concreto.

En la tabla 60 y en las figuras 13 y 14, se muestra la resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños de concreto.

En la figura 15, se muestra la resistencia a la compresión versus la relación agua/cemento aplicada en la presente tesis.

Tabla 57. Resistencia a la compresión en función al tiempo de curado (en kg/cm²)

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA								
								
					FACULTAD DE INGENIERÍA			
					ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES								
Relación agua/cemento	Diseño	3 días	7 días	28 días				
0.75	Patrón	145	181	238				
	WT-100	134	173	204				
	WT-200	168	219	254				
0.70	Patrón	167	207	268				
	WT-100	162	206	247				
	WT-200	183	221	270				
0.65	Patrón	192	236	306				
	WT-100	189	241	280				
	WT-200	220	236	304				
0.60	Patrón	225	292	356				
	WT-100	230	301	360				
	WT-200	259	287	351				
0.55	Patrón	256	310	376				
	WT-100	266	313	374				
	WT-200	271	352	414				
0.50	Patrón	304	381	459				
	WT-100	305	409	468				
	WT-200	334	423	496				
0.45	Patrón	362	429	528				
	WT-100	394	464	540				
	WT-200	375	467	552				
0.40	Patrón	440	504	637				
	WT-100	464	503	621				
	WT-200	469	530	632				

Fuente y elaboración: Propia.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

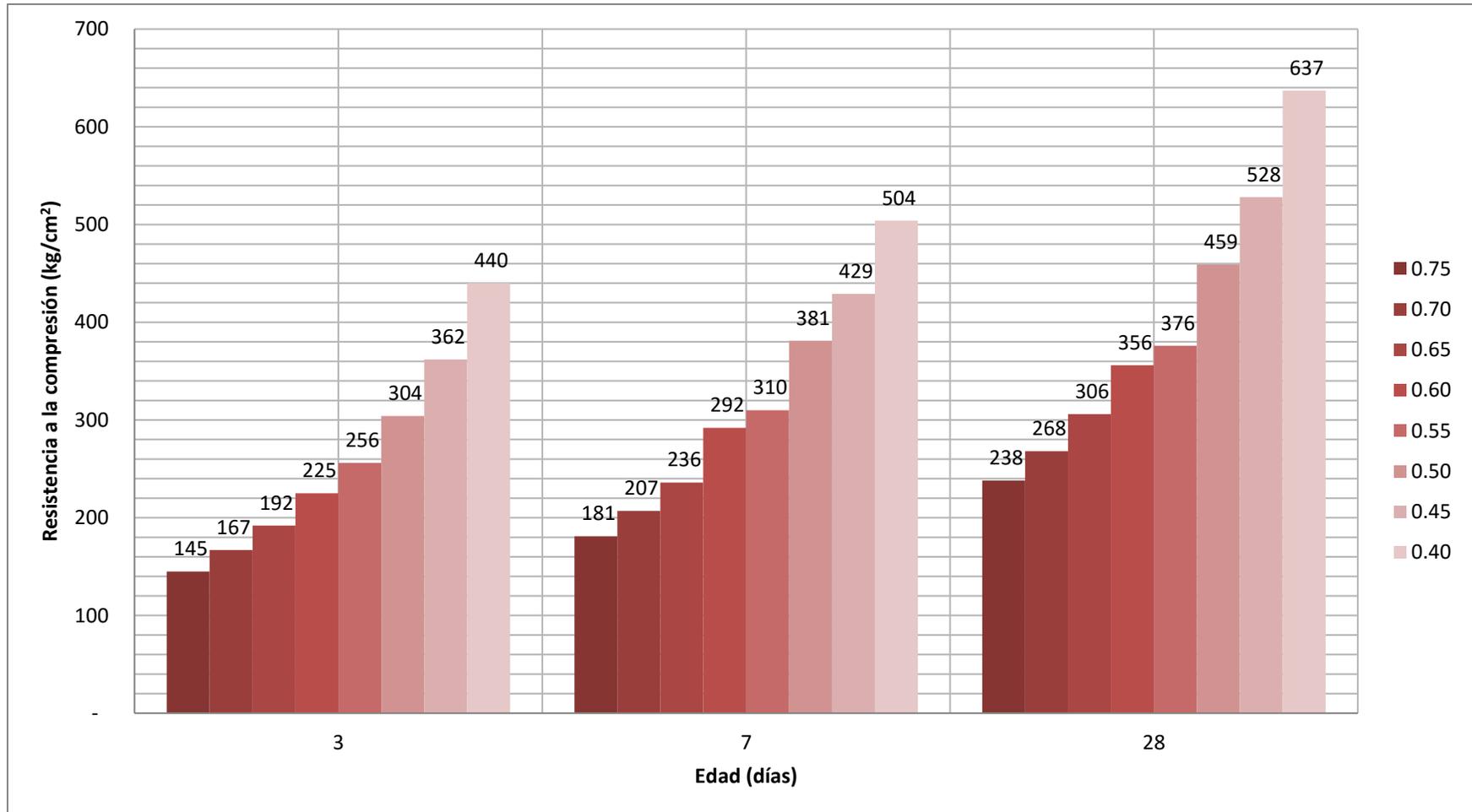


Figura 6. Resistencia a la compresión del concreto patrón
Fuente y elaboración: Propia.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

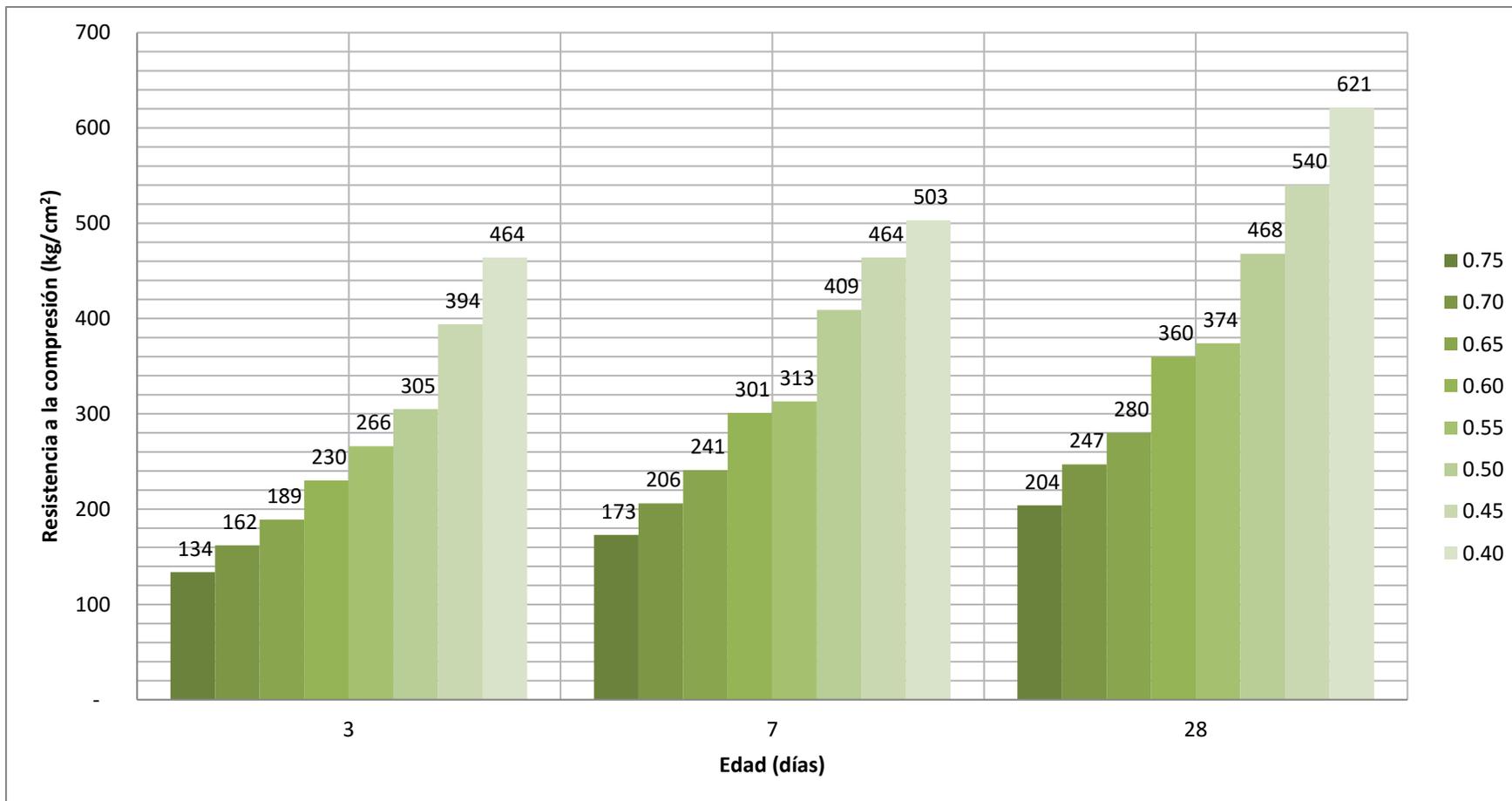


Figura 7. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sika WT – 100

Fuente y elaboración: Propia.



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

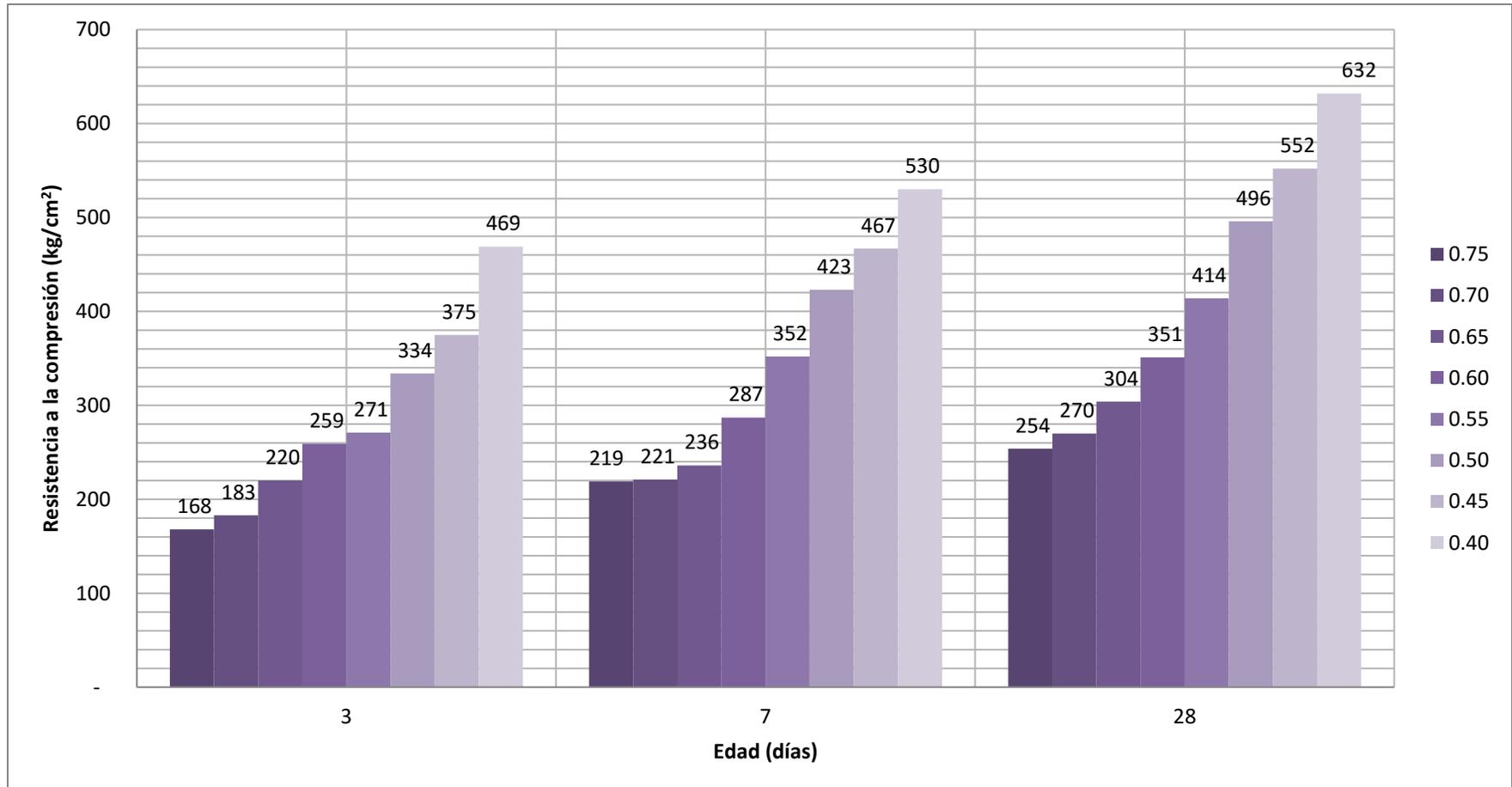


Figura 8. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sika WT – 200

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 58. Resistencia a la compresión a los 3 días

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Relación a/c	Patrón (kg/cm²)	Sika WT-100 (kg/cm²)	Sika WT-200 (kg/cm²)
0.75	145	134	168
0.70	167	162	183
0.65	192	189	220
0.60	225	230	259
0.55	256	266	271
0.50	304	305	334
0.45	362	394	375
0.40	440	464	469

Fuente y elaboración: Propia.

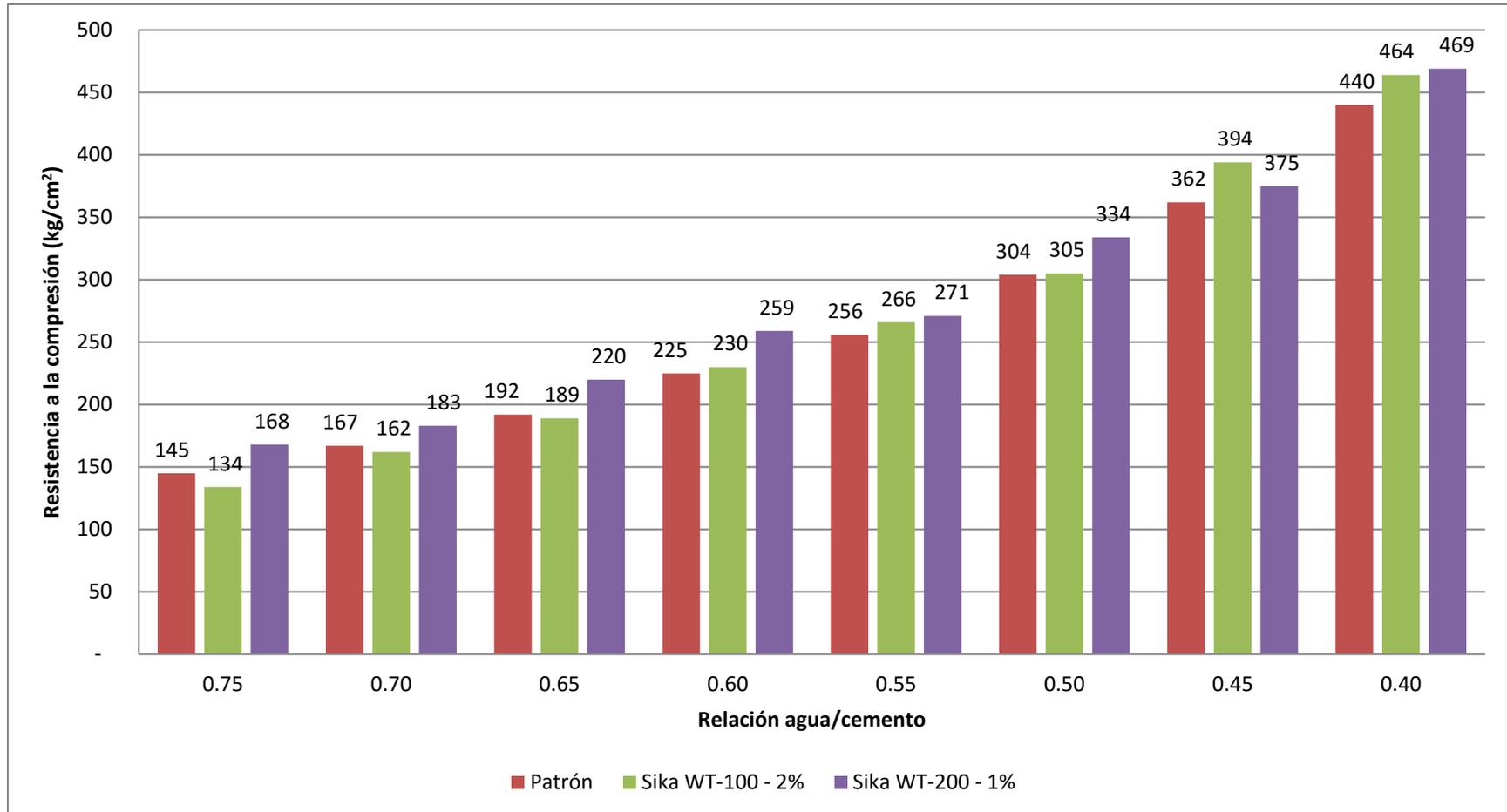


Figura 9. Resistencia a la compresión a los 3 días

Fuente y elaboración: Propia.

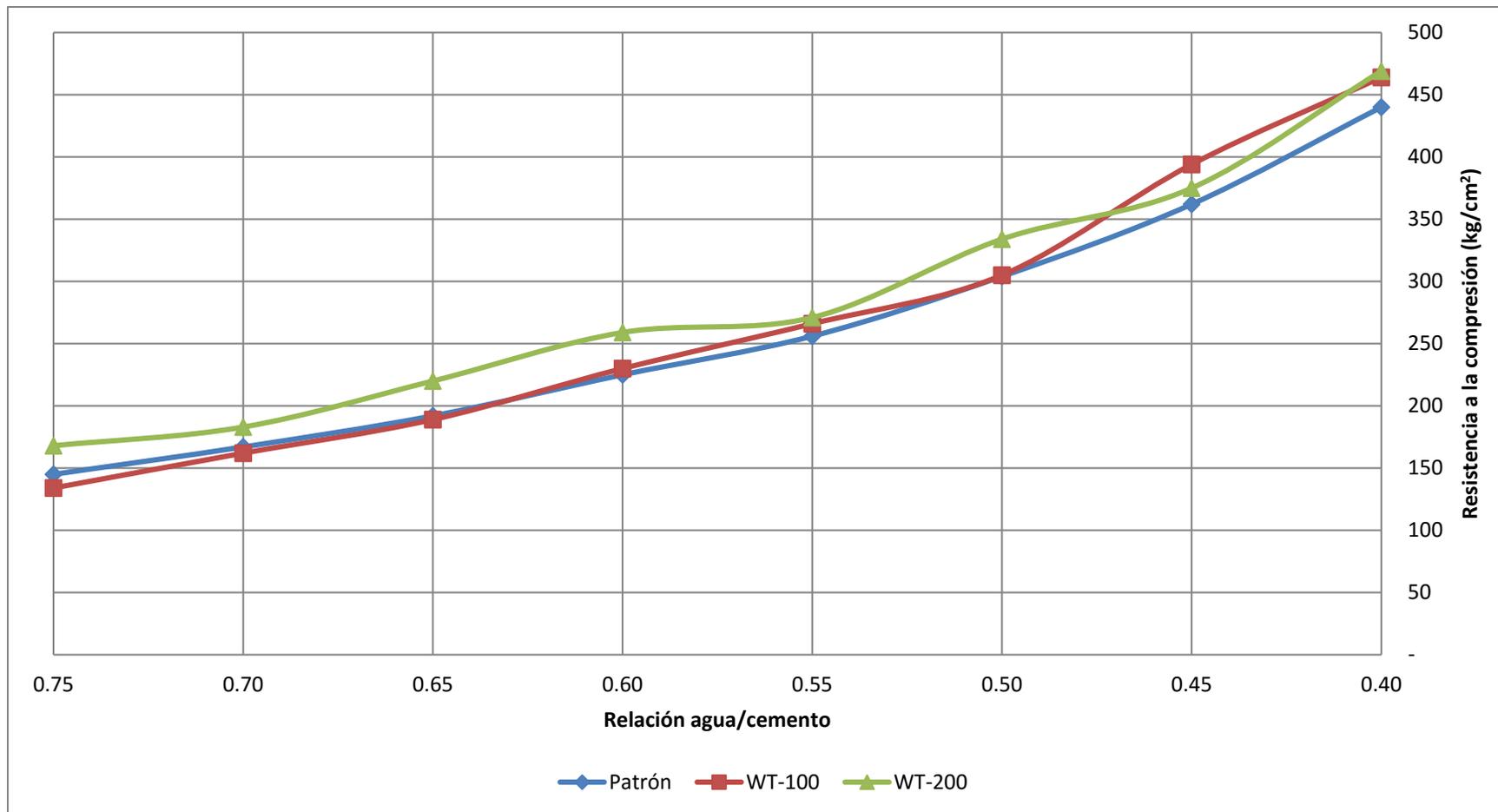


Figura 10. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento a los 3 días

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 59. Resistencia a la compresión a los 7 días

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Relación a/c	Patrón (kg/cm²)	Sika WT-100 (kg/cm²)	Sika WT-200 (kg/cm²)
0.75	181	173	219
0.70	207	206	221
0.65	236	241	236
0.60	292	301	287
0.55	310	313	352
0.50	381	409	423
0.45	429	464	467
0.40	504	503	530

Fuente y elaboración: Propia.

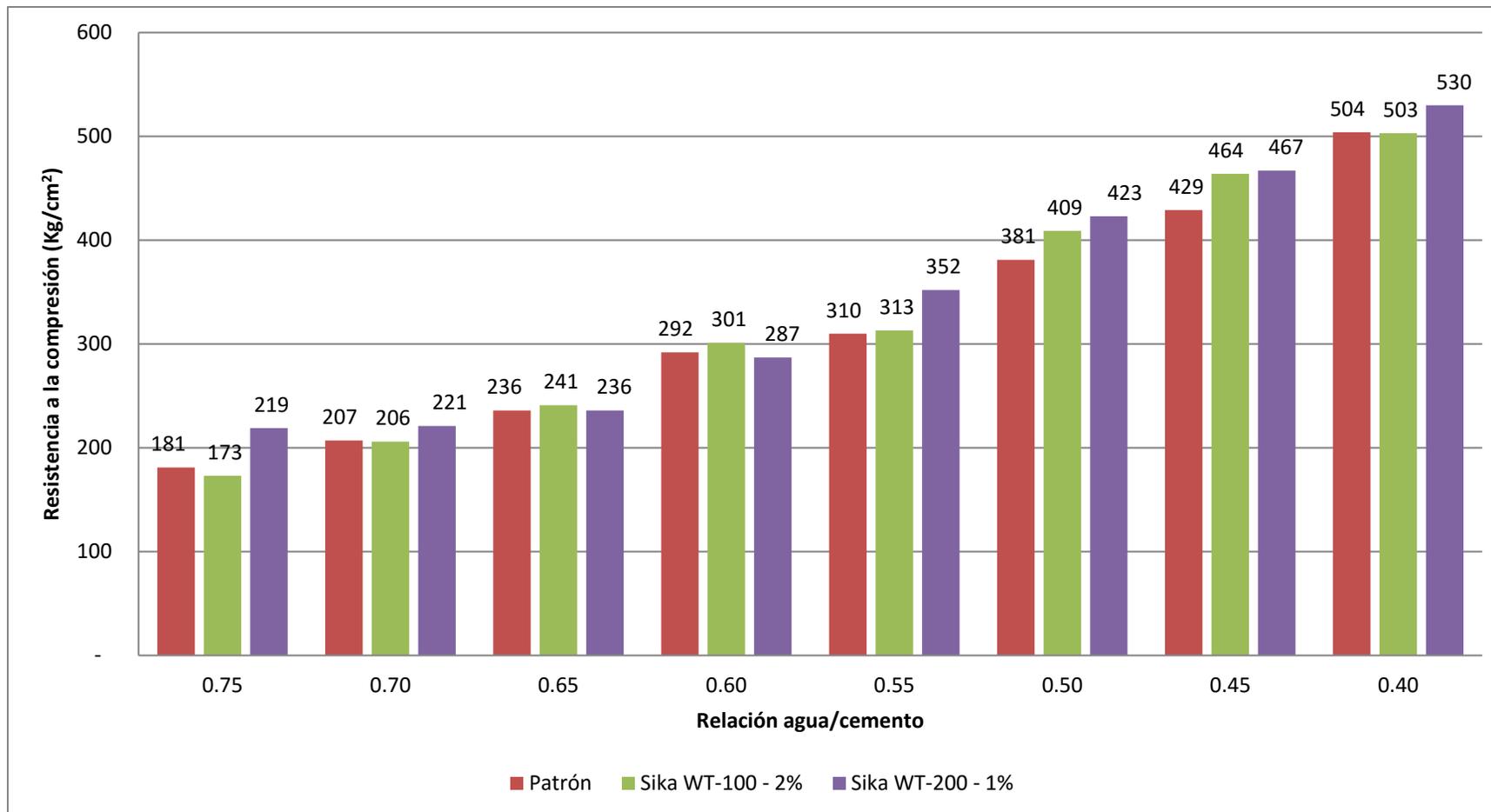


Figura 11. Resistencia a la compresión a los 7 días

Fuente y elaboración: Propia.

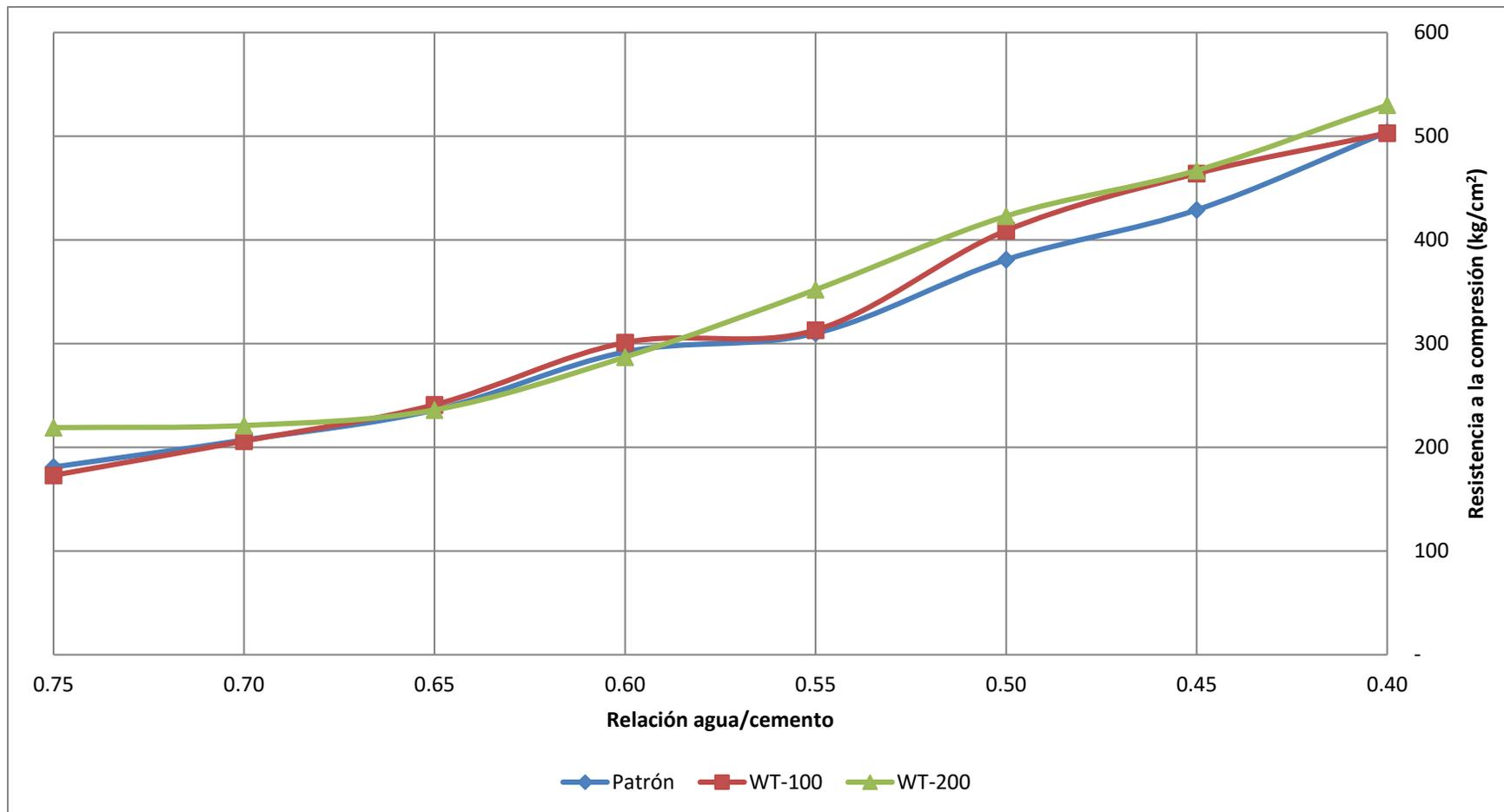


Figura 12. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento a los 7 días

Fuente y elaboración: Propia.

Tabla 60. Resistencia a la compresión a los 28 días

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Relación a/c	Patrón (kg/cm²)	Sika WT-100 (kg/cm²)	Sika WT-200 (kg/cm²)
0.75	238	204	254
0.70	268	247	270
0.65	306	280	304
0.60	356	360	351
0.55	376	374	414
0.50	459	468	496
0.45	528	540	552
0.40	637	621	632

Fuente y elaboración: Propia.

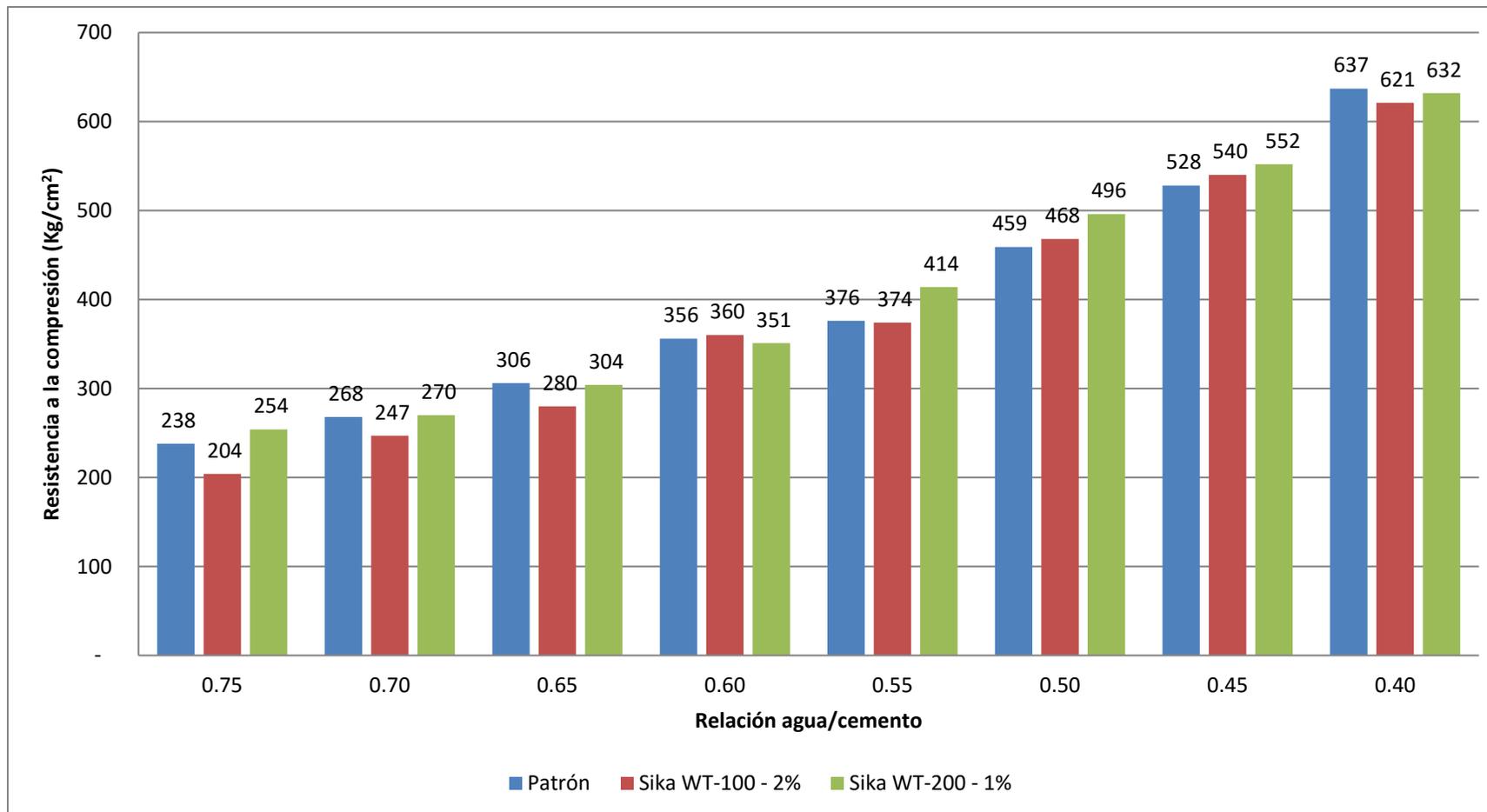


Figura 13. Resistencia a la compresión a los 28 días

Fuente y elaboración: Propia.

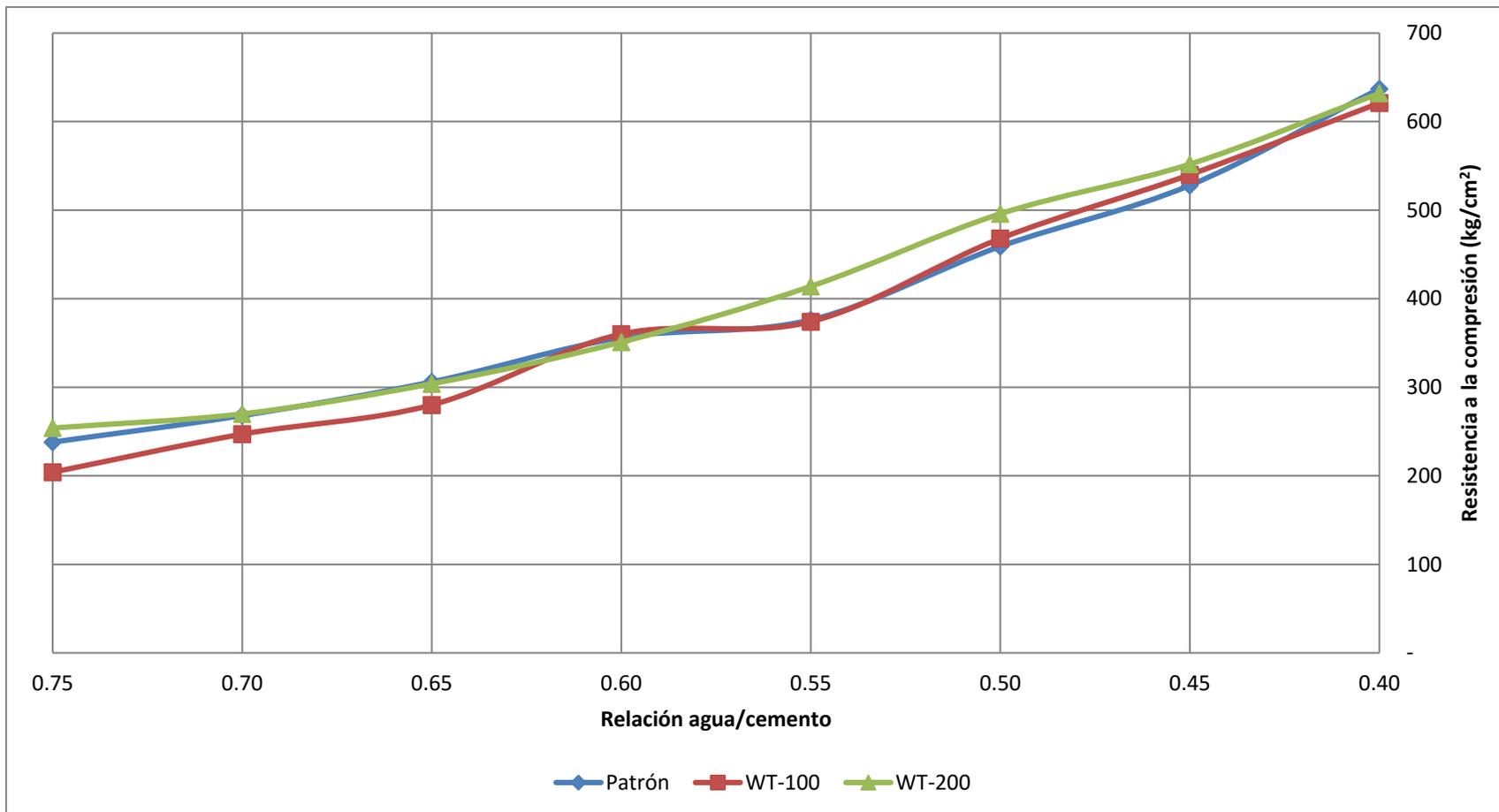


Figura 14. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento a los 28 días

Fuente y elaboración: Propia.

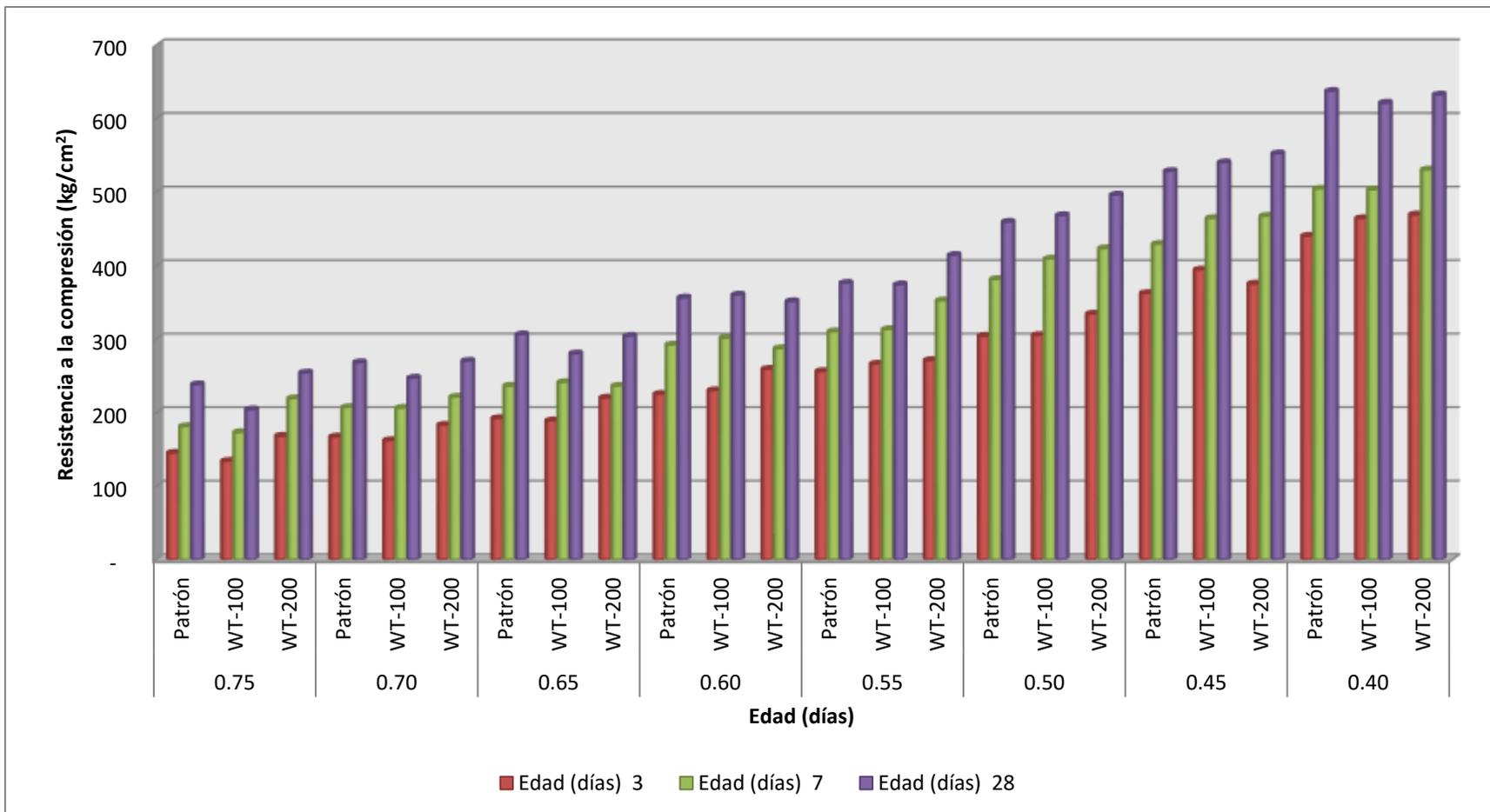


Figura 15. Resistencia a la compresión VS relación agua/cemento

Fuente y elaboración: Propia.

4.2.2.2. Ensayo para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión (EN 12390-8)

a) Objeto y campo de aplicación

Esta norma especifica un método para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en hormigones endurecidos que han sido curados en agua.

b) Fundamento

El agua es aplicada bajo presión a la superficie del hormigón endurecido. A continuación se divide la probeta por rotura en dos mitades y se mide la profundidad de penetración del frente de agua.

c) Aparatos

❖ Equipo de ensayo

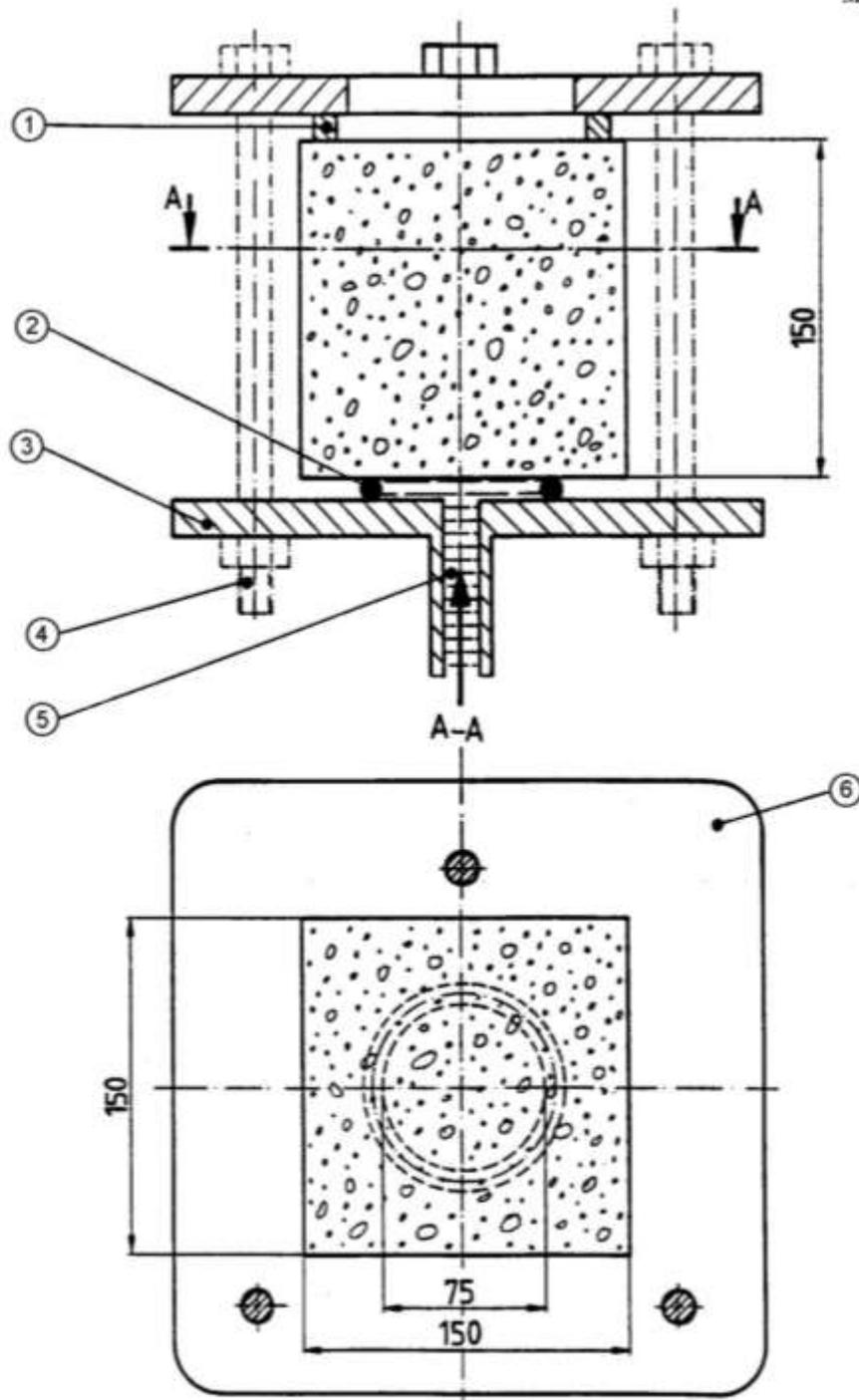
El equipo consiste en cualquier equipo en el que la probeta de ensayo, de dimensiones dadas, se pueda situar de tal manera que la presión del agua pueda actuar sobre la zona de ensayo y se visualice la presión aplicada de forma continua. Un ejemplo de un dispositivo de ensayo se muestra en la figura 16.

NOTA 1 – Es preferible que el aparato permita observar las otras caras de la probeta de ensayo.

NOTA 2 – La presión de agua se puede aplicar a la superficie de la probeta de ensayo ya sea por el fondo o por la parte superior.

Se debe realizar un sellado suficiente con caucho u otro material similar.

Las dimensiones de la zona de ensayo son aproximadamente la mitad de la longitud del lado o del diámetro de la superficie de la cara de la probeta.



- Leyenda
- 1 Soporte
 - 2 Anillo de estanquidad
 - 3 Placa atornillada
 - 4 Soporte atornillado
 - 5 Agua a presión
 - 6 Placa atornillada

Figura 16. Ejemplo de dispositivo de ensayo según UNE – EN 12390 – 8

Fuente y elaboración: UNE – EN 12390 – 8 (2001)

d) Probetas de ensayo

Las probetas son cúbicas, cilíndricas o prismáticas de longitud de lado, o diámetro, no menor de 150 mm.

e) Procedimiento

i. Equipo de ensayo

Inmediatamente después de desmoldar la probeta, se desbasta de la cara de la probeta que va a estar expuesta a la presión del agua, con un cepillo de púas metálicas.

ii. Aplicación del agua a presión

El ensayo debe comenzar cuando las probetas tengan al menos una edad de 28 días. No aplicar el agua a presión a la cara de acabado de la probeta. La probeta se coloca en el aparato de ensayo y se aplica al agua una presión de (500 ± 50) kPa durante (72 ± 2) h. Durante el ensayo, se observa periódicamente el estado de las superficies de la probeta de ensayo no expuestas al agua a presión para observar la posible presencia de agua. Si se observan filtraciones, se reconsidera la validez del resultado y el hecho se anota en el informe. Nota – El uso de agua de red se considera satisfactorio.

iii. Examen de probeta

Después de aplicar la presión durante el tiempo especificado, se retira la probeta del dispositivo de ensayo. Se limpia la cara a la que se aplicó la presión de agua para retirar el exceso de agua. Se rompe la probeta en dos mitades, perpendicularmente a la cara en la que se aplica la presión de agua. Cuando se rompa la probeta, y durante el examen, la cara de la probeta expuesta a la presión de agua se sitúa en el fondo. Tan pronto como la cara partida se ha secado de forma tal que se puede ver claramente la extensión del frente de penetración de

agua, se marca en la probeta dicho frente de penetración. Se mide la profundidad máxima de penetración bajo la superficie de ensayo y se redondea al mm más próximo.

f) Resultado del ensayo

El resultado del ensayo es la profundidad máxima de penetración, redondeada al mm más próximo.

g) Informe del ensayo

El informe debe incluir

- Identificación de la probeta de ensayo;
- Fecha y hora de realización del ensayo;
- Descripción de la probeta;
- Dirección de aplicación del agua a presión con relación a la dirección de hormigonado;
- Profundidad de penetración máxima, en milímetros;
- Cualquier filtración y consideración sobre la validez de los resultados, (si procede);
- Cualquier desviación respecto al método de ensayo normalizado;
- Una declaración de la persona técnicamente responsable de la realización del ensayo de que este fue realizado de acuerdo con esta norma, excepto lo anotado en el punto g).

h) Precisión

No existen datos disponibles sobre la precisión.

4.2.2.3. Ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua (NTC 4483)

a) Objeto

Este método comprende la determinación, en el laboratorio, del coeficiente de permeabilidad (K) del concreto endurecido por dos métodos: flujo constante y profundidad de penetración. El primero se usa para la determinación del coeficiente de permeabilidad de concretos de alta permeabilidad y el segundo en concretos que, por su diseño, composición y características, son de muy baja permeabilidad. La tabla 61 establece los parámetros de clasificación de los concretos aplicables a los dos métodos relacionados.

Cualquiera de los dos métodos de ensayo es aplicable tanto a especímenes moldeados en el laboratorio o en la obra, como a núcleos extraídos de una estructura.

Tabla 61. Relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración

Determinación	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coeficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	10^{-12} a 10^{-10}	$> 10^{-10}$
Profundidad de penetración	mm	< 30	30 a 60	> 60

Fuente y elaboración: NTC 4483 (1998).

b) Alcance y uso

El ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad K, implica ejercer sobre la cara del espécimen una presión equivalente a 0.5 MPa (50 m de agua). Es claro que, en la mayoría de los casos, supera en mucho la presión de servicio

de la estructura. La justificación consiste en que al evaluar K a presiones muchos menores, el tiempo de ensayo se prolonga demasiado, haciendo poco práctico el ensayo.

Una vez determinado K , de acuerdo al método propuesto, se puede emplear, posteriormente, junto con la presión de servicio real, bien sea para comprobar el adecuado dimensionamiento de los diferentes elementos, en el caso de una estructura nueva; o bien para determinar la profundidad de penetración del agua, para un tiempo dado, en una estructura ya construida, lo que indica al diseñador la suficiencia de la misma o la necesidad de aplicar un recubrimiento impermeable extra sobre su superficie.

c) Dispositivo de ensayo

El dispositivo de ensayo comprende cualquier tipo de aparato cuyo funcionamiento sea similar al de la Ilustración. Se trata de una celda compuesta por dos platos, con orificios centrales. Sobre los platos se encuentran adheridos unos empaques, los cuales forman un sello contra la filtración del agua a presión.

Entre los dos platos se coloca un espécimen de ensayo, al cual se ajustan los anillos ejerciendo presión mediante el mecanismo previsto para ello. El agua actúa a presión sobre una de las caras del espécimen y, dependiendo de la permeabilidad del concreto, alcanza o no la cara opuesta, al terminar el tiempo previsto de ensayo (ver figura 17).

Nota 1. Es recomendable que el dispositivo de ensayo disponga de una probeta graduada, la cual almacena el agua que a permear el concreto, de esta manera se puede controlar, con mínima pérdida y máxima presión, el caudal en el ensayo de flujo constante.

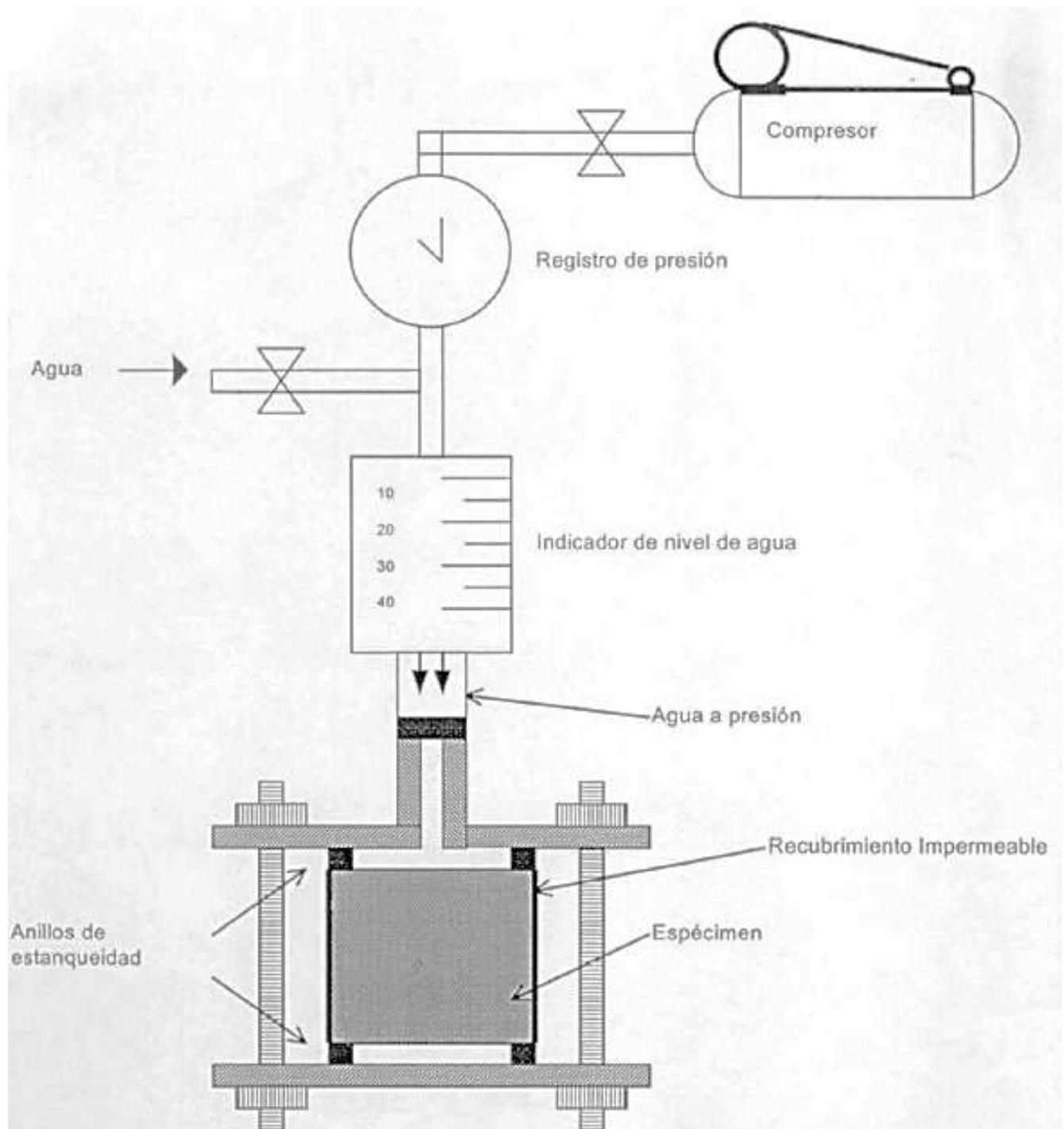


Figura 17. Dispositivo de ensayo según NTC 4483

Fuente: NTC 4483 (1998)

d) Especímenes de ensayo

El ensayo debe realizarse sobre especímenes cilíndricos cuyo diámetro sea como mínimo 100 mm y su altura de por lo menos 100 mm. Se debe determinar tanto el diámetro como la altura del espécimen previamente al ensayo de permeabilidad. Se deben evaluar por lo menos tres especímenes en cada ensayo, de forma que se puedan descartar valores dispersos. Cuando el ensayo tenga por fin establecer comparativos entre varios concretos, debe emplearse la permeabilidad, en lo posible, sobre especímenes de iguales dimensiones.

e) Preparación y almacenamiento de los especímenes

i. Preparación

Los especímenes se elaboran y se curan de acuerdo con la NTC 1377 (ASTM C192). Los núcleos se extraen y se almacenan de acuerdo con la NTC 3658 (ASTM C42). Se debe retirar por medios mecánicos (grata, buzarda), la capa superficial de cemento y/o mortero de ambas caras de los especímenes elaborados para evitar lecturas erróneas de permeabilidad, las cuales se dan cuando el agua empieza a atravesar la superficie de afinado del espécimen, la cual tiene comúnmente características diferentes a las del interior del espécimen.

Cuando se cortan con un disco diamantado, núcleos y especímenes cilíndricos de altura mayor a la requerida para el ensayo, la superficie de corte debe prepararse, antes del ensayo, de igual manera a lo descrito en el párrafo anterior, ya que el corte colmata a menudo los poros del concreto.

La superficie lateral de los especímenes, así como un pequeño sector circular de la cara sobre la cual va a trabajar el agua a presión (generalmente el área que va a

cubrir el empaque), se recubren con una capa gruesa de pintura epóxica, para evitar la penetración de agua por las mismas y garantizar un flujo unidireccional estable.

ii. Edad de los especímenes

Tanto los especímenes elaborados para el ensayo de permeabilidad, y los núcleos, deben tener una edad superior a 28 d cuando se les practique el ensayo de permeabilidad. En función de especificaciones particulares, otras edades pueden ser elegidas.

Nota 2. Se recomienda tener en cuenta que la aplicación de presiones muy grandes a especímenes de concreto muy jóvenes, que no han desarrollado aún suficiente resistencia mecánica, puede dar lugar a microfisuras que conducen a valores falsos de permeabilidad.

f) Procedimiento del ensayo

i. Determinación de la permeabilidad por flujo constante

El ensayo se realiza llevando a la celda de ensayo el espécimen o el núcleo y aplicando sobre una de sus caras horizontales una presión de 0.5 MPa durante 4 días. Una vez saturado el espécimen, e iniciado el flujo por la cara opuesta, se hacen mediciones sucesivas de caudal, hasta verificar que dicho flujo se ha hecho constante.

Una vez se establece flujo constante, se determina el volumen de agua que atraviesa el espécimen en un tiempo determinado, bien sea haciendo mediciones de nivel de agua en la probeta graduada o midiendo el flujo en un recipiente contra el tiempo. Una vez se ha determinado el caudal, dividiendo el volumen de agua en

la unidad de tiempo, se procede a calcular el coeficiente de permeabilidad del concreto mediante la ecuación 1.

$$K = \frac{\rho L g Q}{PA}$$

Donde:

K = coeficiente de permeabilidad en m/s

ρ = densidad del agua en kg/m³

L = longitud del espécimen en m

g = aceleración de la gravedad en m/s²

Q = caudal de agua en m³/s

P = presión del agua en N/m²

A = área transversal del espécimen en m²

La aplicación de la presión debe hacerse en el sentido del vaciado del concreto, a excepción de los ensayos sobre núcleos, donde generalmente no es posible cumplir con este requisito, en caso de que al terminar el periodo de ensayo determinado, aún no se ha producido flujo constante, o no ha aparecido agua en la cara opuesta del espécimen, se procede a determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto de acuerdo con la medición de la profundidad de penetración.

ii. **Determinación de la profundidad de penetración**

Una vez cumplidos los 4 días sin haber registrado flujo constante, inmediatamente se secciona el espécimen perpendicularmente a la cara sobre la cual se aplicó la presión de agua y se mide la profundidad promedio de penetración, mostradas en las figuras 18 a la 23.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 62 y en las figuras 24 y 25.

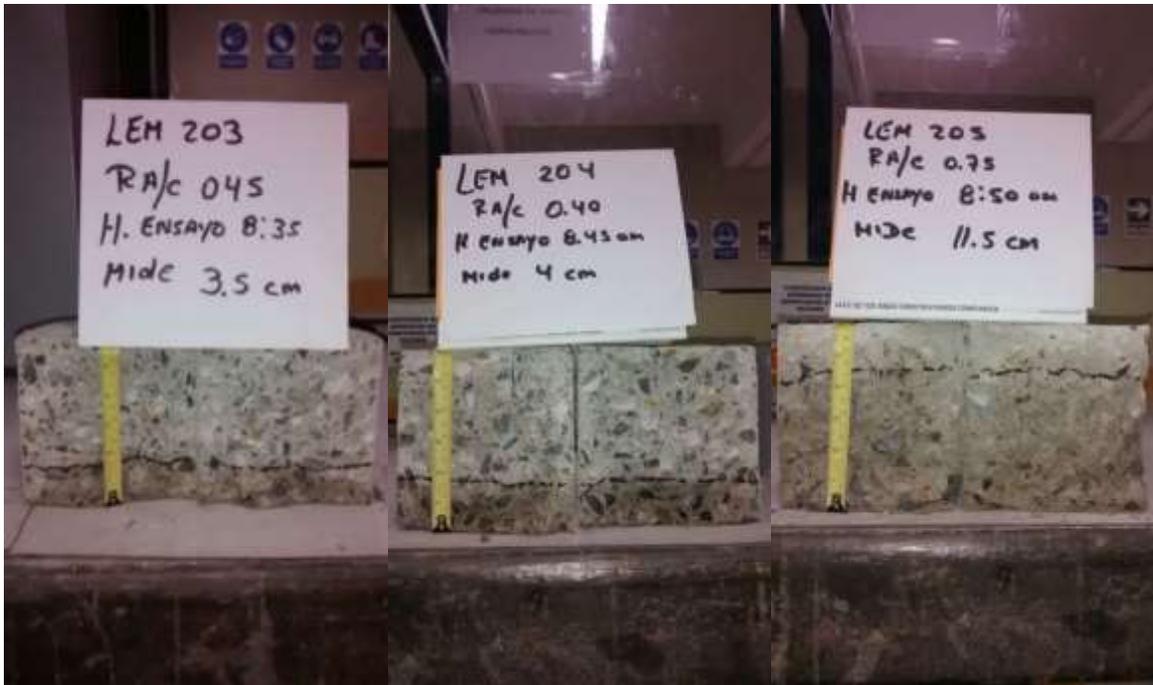


Figura 18, 19 y 20. Ensayos de permeabilidad
 Fuente y elaboración: Propia



Figura 21, 22 y 23. Ensayos de permeabilidad
 Fuente y elaboración: Propia

Tabla 62. Profundidad de penetración de agua bajo presión

 UNIVERSIDAD RICARDO PALMA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES			
Relación a/c	Patrón (mm)	Sika WT-100 (mm)	Sika WT-200 (mm)
0.75	150	125	115
0.70	150	118	105
0.65	130	107	90
0.60	110	90	65
0.55	95	69	60
0.50	75	60	50
0.45	55	35	25
0.40	40	30	15

Fuente y elaboración: Propia.

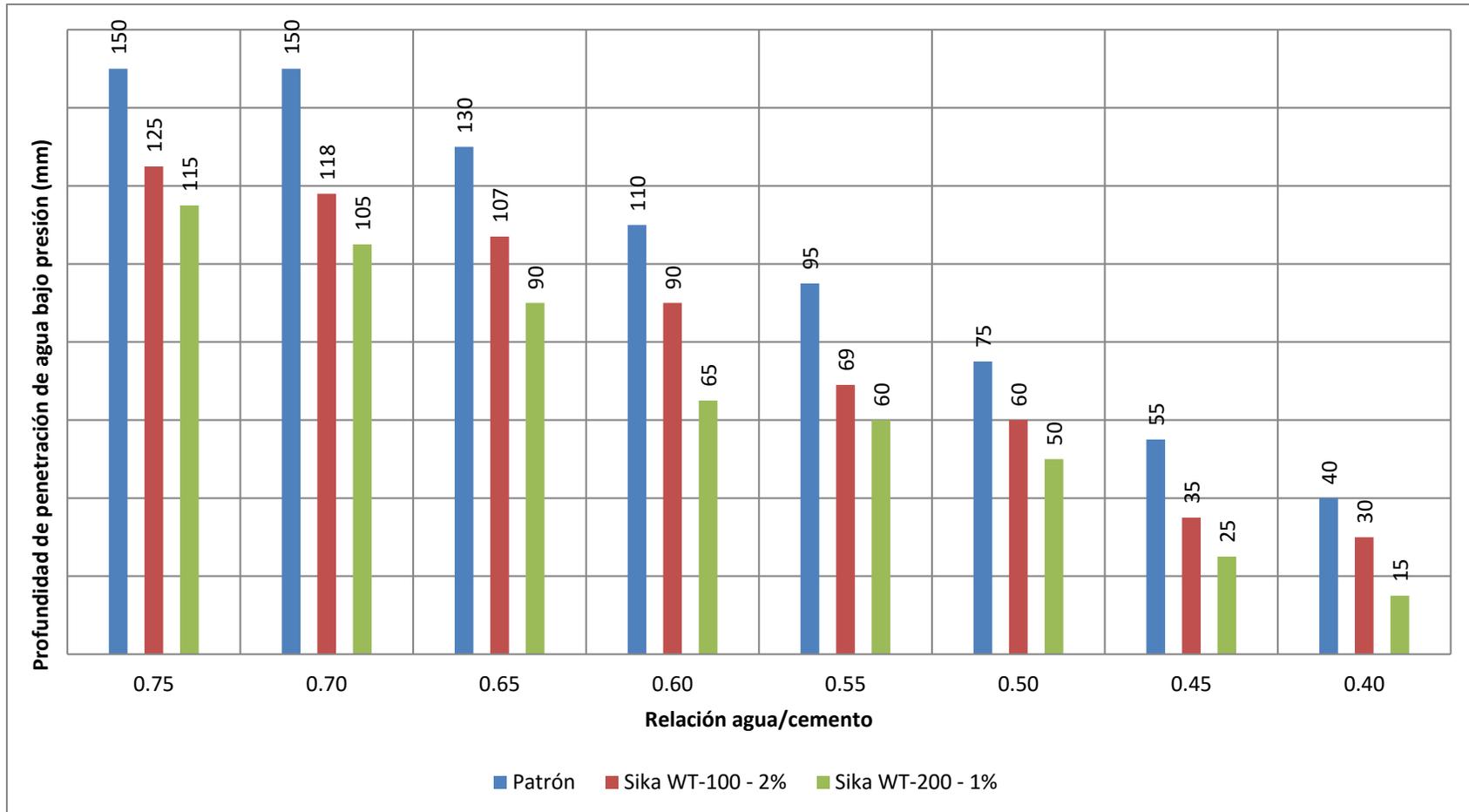


Figura 24. Profundidad de penetración de agua bajo presión

Fuente y elaboración: Propia.

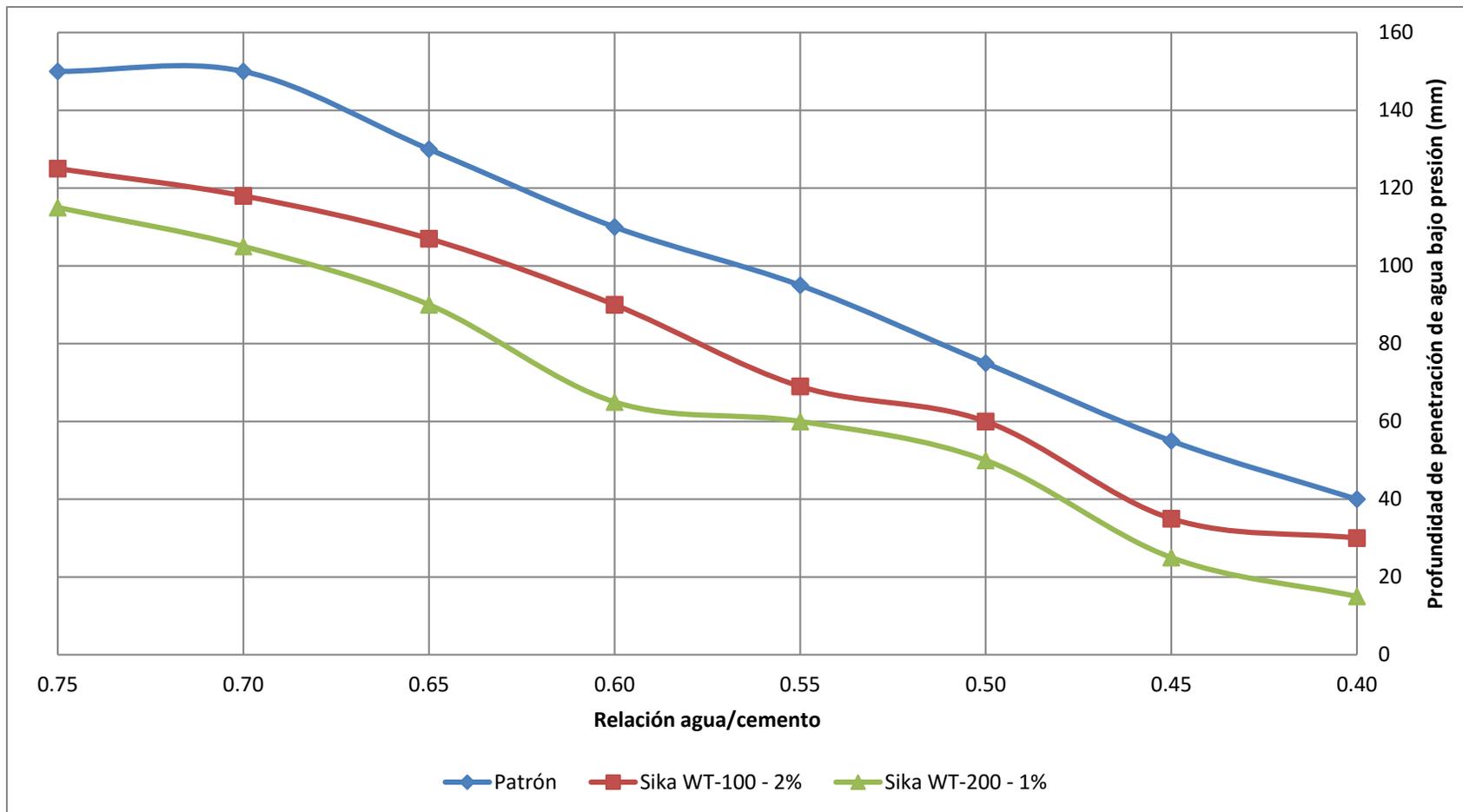


Figura 25. Profundidad de penetración de agua bajo presión

Fuente y elaboración: Propia.

4.3. Contrastación de hipótesis

Para analizar los resultados de resistencia a la compresión, se consideró indispensable la selección de las proporciones de los materiales, con un enfoque diferente en los procedimientos de diseño, elaboración de las mezclas y un control de calidad más riguroso. Con respecto a la permeabilidad, se realizaron mezclas de prueba de concreto con aditivos (Sika WT – 100 y Sika WT – 200), de manera que se minimice los riesgos de la profundidad de penetración de agua bajo presión.

4.3.1. Contrastación de la primera hipótesis

Para la contrastación de la primera hipótesis de la investigación la cual es: “Al aplicar los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200, reducen la profundidad de penetración de agua bajo presión en el concreto de obras hidráulicas de Lima Metropolitana”; se realizó dos (02) pruebas estadísticas, la prueba de regresión lineal y la prueba de Friedman.

La prueba analizó los diseños de concreto patrón, WT-100 y WT-200 a los 28 días.

4.3.1.1. Prueba de regresión lineal

Para la prueba de regresión lineal se tiene tres (03) pruebas de hipótesis A (patrón), B (WT 100) y C (WT 200), descritos en la tabla 63.

Tabla 63. Datos de permeabilidad a los 28 días para ingresar al programa SPSS V22.

Relación a/c	Diseño patrón (mm)	Diseño WT100 (mm)	Diseño WT200 (mm)
0.75	150	125	115
0.70	150	118	105
0.65	130	107	90
0.60	110	90	65
0.55	95	69	60
0.50	75	60	50
0.45	55	35	25
0.40	40	30	15

Fuente: Propia. Elaboración: SPSS V22

Prueba de hipótesis A

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño patrón, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 64.

Tabla 64. Estadísticos descriptivos datos de permeabilidad a los 28 días del diseño patrón.

Variables	Media	Desviación estándar	N
Patrón	100.6250	41.87034	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

H₀: Al aplicar diferentes relaciones agua/cemento sin aditivo **no se reduce** la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño patrón.

H₁: Al aplicar diferentes relaciones agua/cemento sin aditivo **si se reduce** la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño patrón.

Consideramos el nivel de significación $\alpha = 0.05$

Análisis estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 65; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 66 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 67.

Tabla 65. Coeficientes de los datos de permeabilidad del diseño patrón.

Coeficientes^a

		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
Modelo						
1	(Constante)	-94,464	10,042		-9,407	0,000
	Relacion_Agua_Cemento	339,286	17,128	0,992	19,809	0,000

a. Variable dependiente: Patron

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño patrón

x = Relación agua/cemento

$$y = -94.464 + 339.286 x$$

Tabla 66. Modelo de regresión de los datos de permeabilidad del diseño patrón.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,992 ^a	,985	,982	5,55010	,985	392,391	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Patron

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.992

Coefficiente de determinación R²: 0.985

R² ajustado: 0.982

Error Típico: 5.5501

Observaciones: 8

Tabla 67. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de permeabilidad del diseño patrón

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	12,087.054	1	12,087.054	392.391	0.000 ^b
Residuo	184.821	6	30.804		
Total	12,271.875	7			

a. Variable dependiente: Profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño patrón

b. Predictores: (Constante), relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{12087.054}{12271.875} = 0.9849398$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es positiva (ver detalle en figura 26) porque a mayor relación agua/cemento se observa que aumenta la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño patrón.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

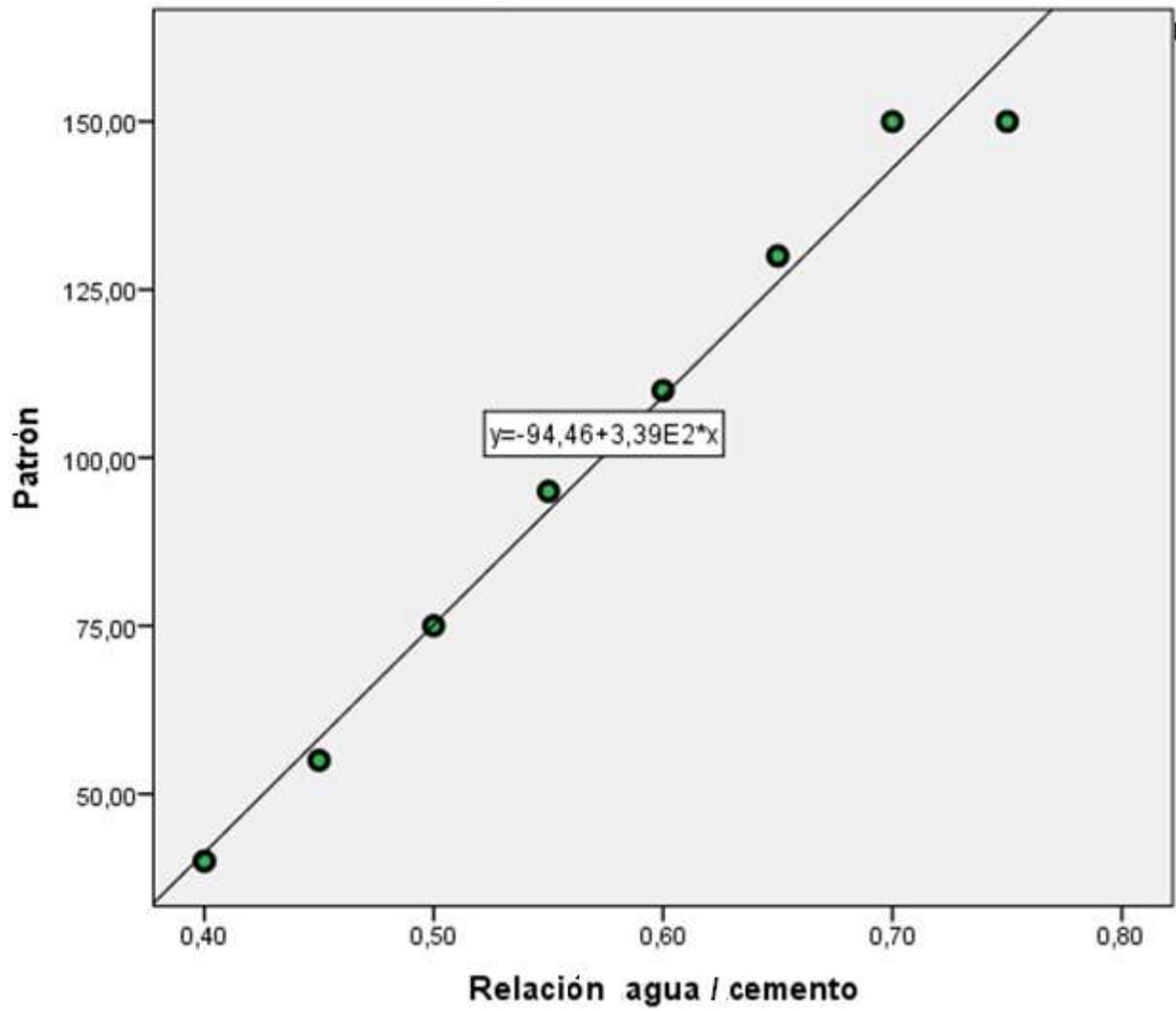


Figura 26. Recta de regresión de datos de permeabilidad del diseño patrón

Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = -94.464 + 339.286 x$, cuya pendiente es positiva.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = -94.464 + 339.286 x$

1° Conclusión

Usando el método de regresión lineal con el SPSS V22 en el modelo de permeabilidad del diseño patrón a los veintiocho días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “Al aplicar diferentes relación agua/cemento sin aditivo **si se reduce** la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño patrón”.
- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 98.49%** en la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño patrón.

Prueba de hipótesis B

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT 100, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 68.

Tabla 68. Estadísticos descriptivos datos de permeabilidad a los 28 días del diseño WT 100.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT100	79.2500	36.52690	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

H₀: Al aplicar diferentes relaciones agua/cemento con aditivo Sika WT 100 **no se reduce** la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT 100.

H₁: Al aplicar diferentes relaciones agua/cemento con aditivo Sika WT 100 **si se reduce** la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT 100.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 69; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 70 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 71.

Tabla 69. Coeficientes de los datos de permeabilidad del diseño WT 100.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	-90,786	9,272		-9,791	0,000
Relacion_Agua_Cemento	295,714	15,815	0,992	18,698	0,000

a. Variable dependiente: WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + b x$$

y = Profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT 100

x = Relación agua/cemento

$$y = -90.786 + 295.714 x$$

Tabla 70. Modelo de regresión de los datos de permeabilidad del diseño WT 100.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,992 ^a	,983	,980	5,12464	,983	349,629	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.992

Coefficiente de determinación R²: 0.983

R² ajustado: 0.98

Error Típico: 5.12464

Observaciones: 8

Tabla 71. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de permeabilidad del diseño WT 100

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	9,181.929	1	9,181.929	349.629	0.000 ^b
Residuo	157.571	6	26.262		
Total	9,339.500	7			

a. Variable dependiente: Profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT100

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{9181.929}{9339.5} = 0.9831285$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es positiva (ver detalle en figura 27) porque a mayor relación agua/cemento se observa que aumenta la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño WT 100.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

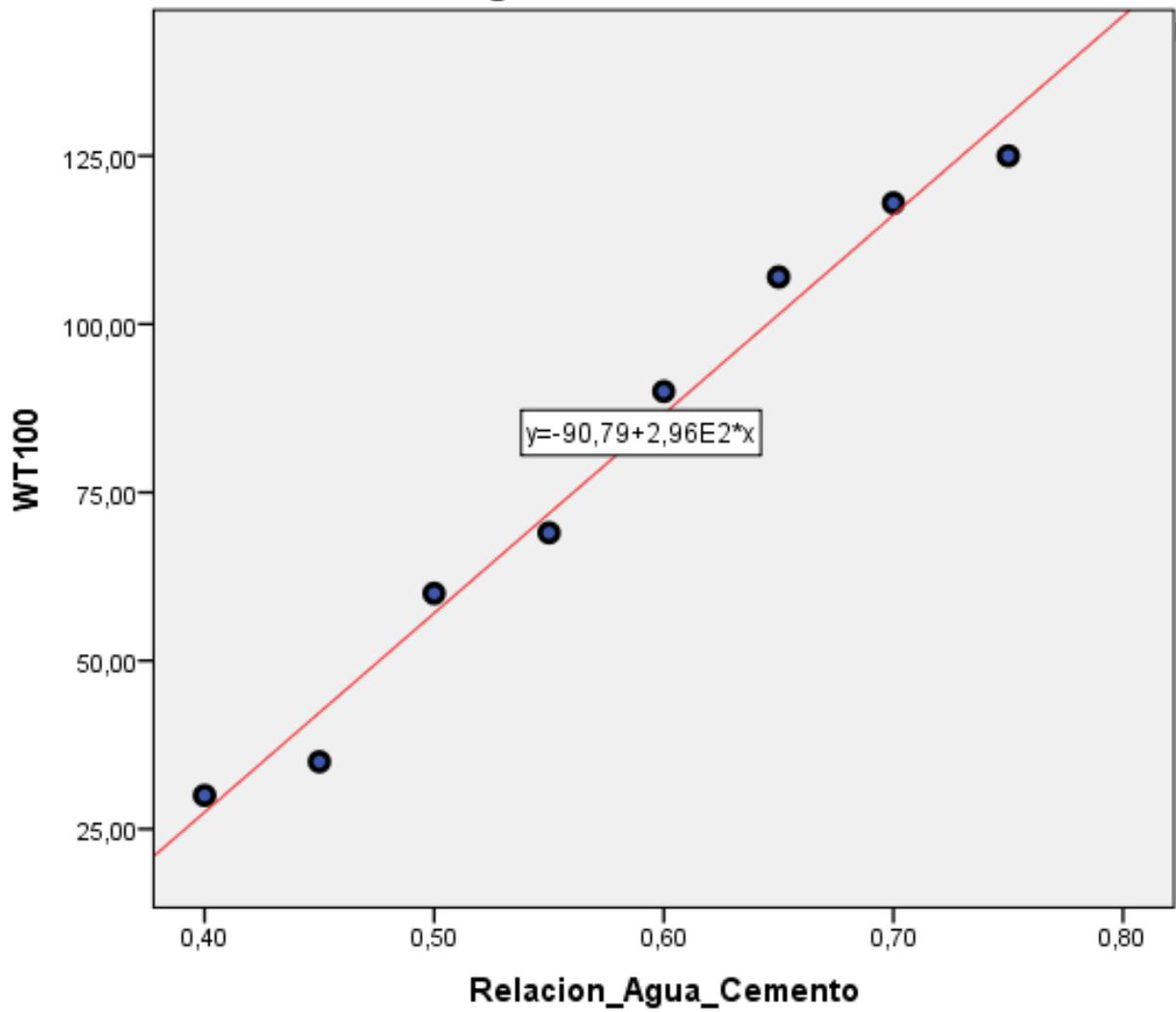


Figura 27. Recta de regresión de datos de permeabilidad del diseño WT 100

Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = -90.786 + 295.714 x$, cuya pendiente es positiva.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = -90.786 + 295.714 x$

2° Conclusión

Usando el método de regresión lineal con el SPSS V22 en el modelo de permeabilidad del diseño WT 100 a los veintiocho días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “Al aplicar diferentes relación agua/cemento con aditivo Sika WT 100 **si se reduce** la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño WT 100”.
- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 98.31%** en la profundidad penetración del agua del diseño WT 100.

Prueba de hipótesis C

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT 200, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 72.

Tabla 72. Estadísticos descriptivos datos de permeabilidad a los 28 días del diseño WT 200.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT200	65.6250	35.99975	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

H₀: Al aplicar diferentes relaciones agua/cemento con aditivo Sika WT 200 **no se reduce** la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño WT 200

H₁: Al aplicar diferentes relaciones agua/cemento con aditivo Sika WT 200 **si se reduce** la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño WT 200

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 73; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 74 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 75.

Tabla 73. Coeficientes de los datos de permeabilidad del diseño WT 200.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	-102,083	8,727		-11,697	0,000
Relacion_Agua_Cemento	291,667	14,885	0,992	19,595	0,000

a. Variable dependiente: WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT 200

x = Relación agua/cemento

$$y = -102.083 + 291.667 x$$

Tabla 74. Modelo de regresión de los datos de permeabilidad del diseño WT 200.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,992 ^a	,985	,982	4,82327	,985	383,955	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.992

Coefficiente de determinación R²: 0.985

R² ajustado: 0.982

Error Típico: 4.8232

Observaciones: 8

Tabla 75. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de permeabilidad del diseño WT 200

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	8,932.292	1	8,932.292	383.955	0.000b
Residuo	139.583	6	23.264		
Total	9,071.875	7			

a. Variable dependiente: Profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT100

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{8932.292}{9071.875} = 0.9846137$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es positiva (ver detalle en figura 28) porque a mayor relación agua/cemento se observa que aumenta la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño WT 200.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

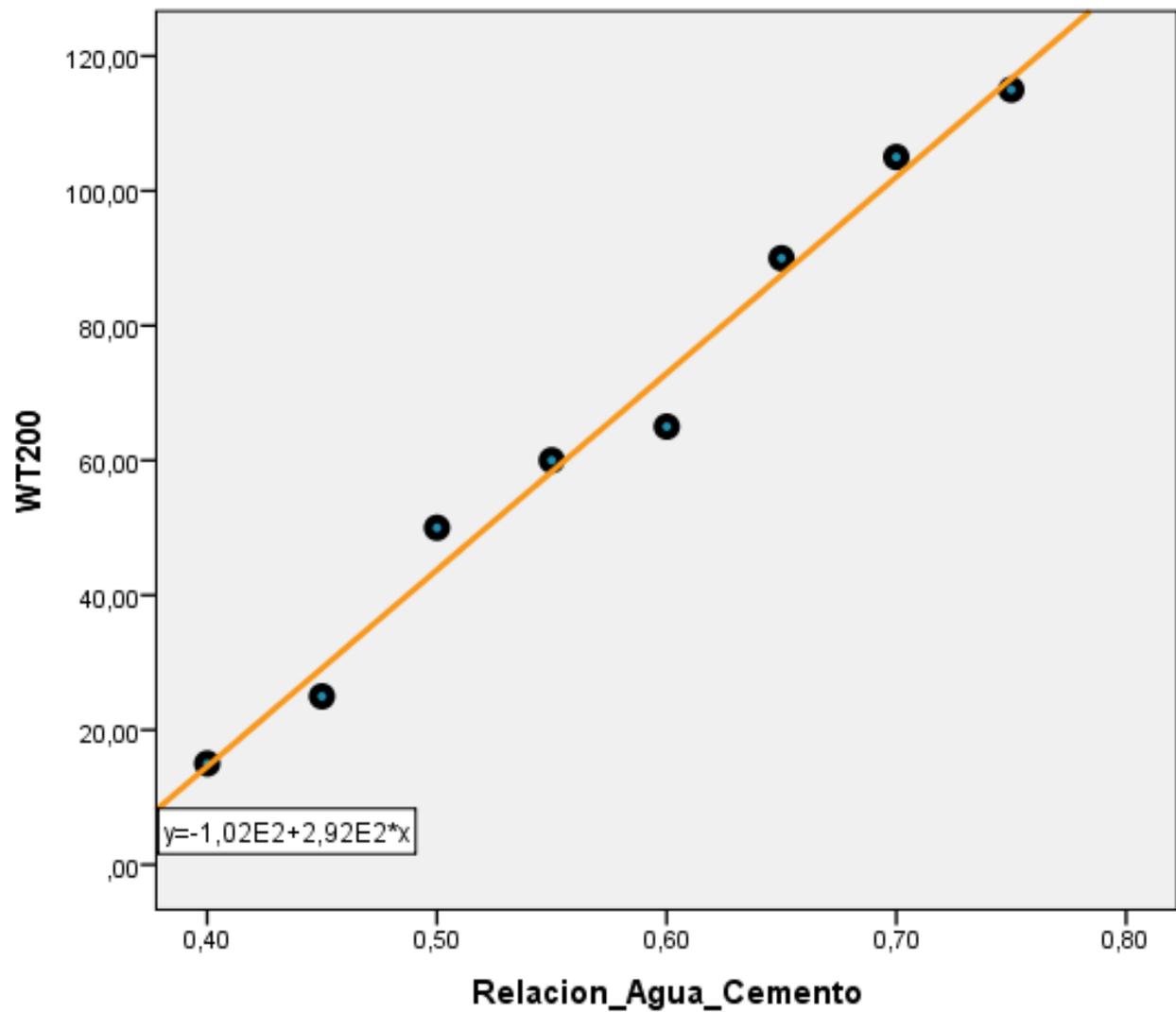


Figura 28. Recta de regresión de datos de permeabilidad del diseño WT 200

Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = -102.083 + 291.667 x$, cuya pendiente es positiva.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = -102.083 + 291.667 x$

3° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de permeabilidad del diseño WT 200 a los veintiocho días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “Al aplicar diferentes relación agua/cemento con aditivo Sika WT 200 **si se reduce** la profundidad de penetración de agua bajo presión del diseño WT 200”.
- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 98.46%** en la profundidad de penetración del agua bajo presión del diseño WT 200.

4.3.1.2. Prueba de Friedman

Para probar esta hipótesis usaremos la Prueba Estadística de Friedman que es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar 2 o más mediciones realizadas a una misma muestra bajo condiciones diferentes, para muestras dependientes.

$$X_r^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum (\sum R_i)^2 - 3n(k+1)$$

n: número de sujetos de la muestra.

K: número de mediciones que se ha realizado a cada sujeto de la muestra.

Ri: rango de cada una de las puntuaciones.

Sumatoria de Ri: suma de rango para cada conjunto de puntuaciones.

gl = k - 1

H₀: No Existen diferencias estadísticamente significativas entre la profundidad de penetración de agua bajo presión en los diferentes diseños

H₁: Si Existen diferencias estadísticamente significativas entre la profundidad de penetración de agua bajo presión en los diferentes diseños

Los rangos y resultados de la prueba de Friedman se muestran en detalle en las tablas 76 y 77.

Tabla 76. Rangos promedio de los diseños de concreto

Diseño	Rango promedio
Patrón	3.00
WT100	2.00
WT200	1.00

Fuente y elaboración: SPSS V22

Tabla 77. Resultados de la prueba de Friedman

Estadísticos de prueba^a	
N	8
Chi-cuadrado	16.000
gl	2
Sig. asintótica	0.000
a. Prueba de Friedman	

Fuente y elaboración: SPSS V22

El SPSS V22 indica un p-valor de $0.000 < 0.05$, esto nos dice que se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna: “Si existen diferencias estadísticamente significativas entre la profundidad de penetración de agua bajo presión en los diferentes diseños”

4.3.2. Contrastación de la segunda hipótesis

Para la contrastación de la segunda hipótesis de la investigación la cual es: “al aplicar determinada relación agua/cemento aumenta la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivo Sika WT-100 y Sika WT-200 en obras hidráulicas de Lima Metropolitana”; se realizó la prueba de regresión lineal. La prueba analizó los diseños de concreto patrón, WT-100 y WT-200 a los 3, 7 y 28 días.

4.3.2.1. Prueba de regresión lineal (resistencia a la compresión a los 3 días)

Para la prueba de regresión lineal se tiene tres (03) pruebas de hipótesis A (patrón), B (WT 100) y C (WT 200), descritos en la tabla 78.

Tabla 78. Datos de resistencia a la compresión a los 3 días para ingresar al programa SPSS V22.

Relación a/c	Diseño patrón (kg/cm ²)	Diseño WT100 (kg/cm ²)	Diseño WT200 (kg/cm ²)
0.75	145	134	168
0.70	167	162	183
0.65	192	189	220
0.60	225	230	259
0.55	256	266	271
0.50	304	305	334
0.45	362	394	375
0.40	440	464	469

Fuente: Propia. Elaboración: SPSS V22

Prueba de hipótesis A

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño patrón a los 3 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 79.

Tabla 79. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 3 días del diseño patrón.

Variables	Media	Desviación estándar	N
Patrón	261.3750	101.74469	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño Patrón evaluado en 3 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño Patrón evaluado en 3 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 80; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 81 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 82.

Tabla 80. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	727,810	42,886		16,971	0,000
Relación agua/cemento	-811,190	73,146	-0,976	-11,090	0,000

a. Variable dependiente: Diseño Patrón

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Resistencia a la compresión del diseño Patrón a los 3 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 727.81 - 811.19 x$$

Tabla 81. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,976 ^a	,953	,946	23,70206	,953	122,988	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_Patron

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coeficientes de la correlación: 0.976

Coeficiente de determinación R²: 0.953

R² ajustado: 0.946

Error Típico: 23.70206

Observaciones: 8

Tabla 82. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	69,093.149	1	69,093.149	122.988	0.000 ^b
Residuo	3,370.726	6	561.788		
Total	72,463.875	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño patrón

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{69093.149}{72463.875} = 0.95348405$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 29) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño patrón.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la 1° observación, cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

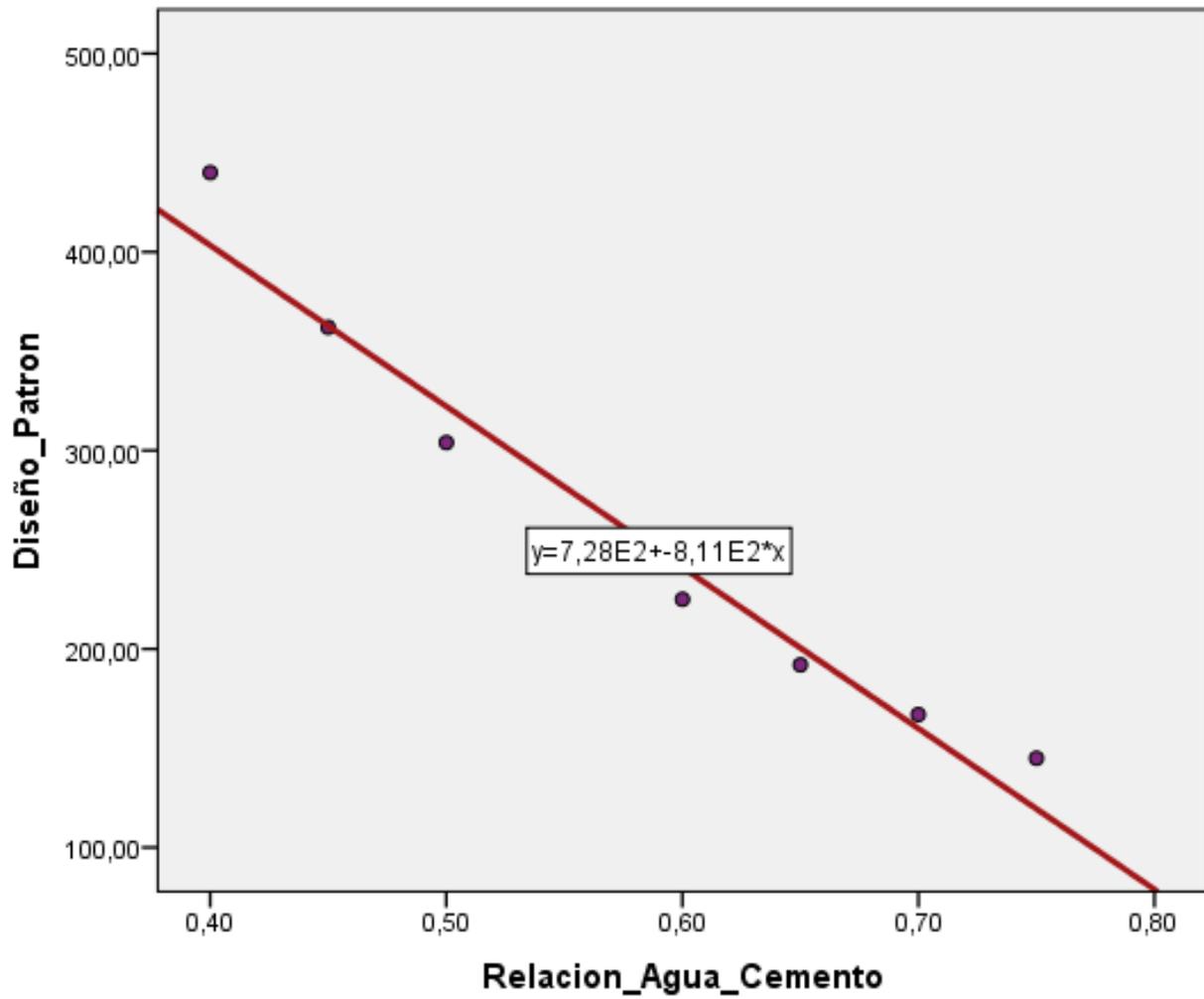


Figura 29. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 3 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 727.81 - 811.19 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 727.81 - 811.19 x$

1° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño patrón a los tres días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño patrón evaluado en 3 días”

- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 95.35%** en la resistencia a la compresión del diseño patrón.

Prueba de hipótesis B

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT – 100 a los 3 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 83.

Tabla 83. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 3 días del diseño WT – 100.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT100	268.0000	114.97950	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 3 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 3 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 84; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 85 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 86.

Tabla 84. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	795,631	47,467		16,762	0,000
Relación agua/cemento	-917,619	80,961	-0,977	-11,334	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del Diseño_WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 795.631 - 917.619 x$$

Tabla 85. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,977 ^a	,955	,948	26,23422	,955	128,463	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.977

Coefficiente de determinación R²: 0.955

R² ajustado: 0.948

Error Típico: 26.23422

Observaciones: 8

Tabla 86. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	88,412.595	1	88,412.595	128.463	0.000 ^b
Residuo	4,129.405	6	688.234		
Total	92,542.000	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT 100

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{88412.595}{92542} = 0.95537804$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 30) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño WT 100.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la 1° observación cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

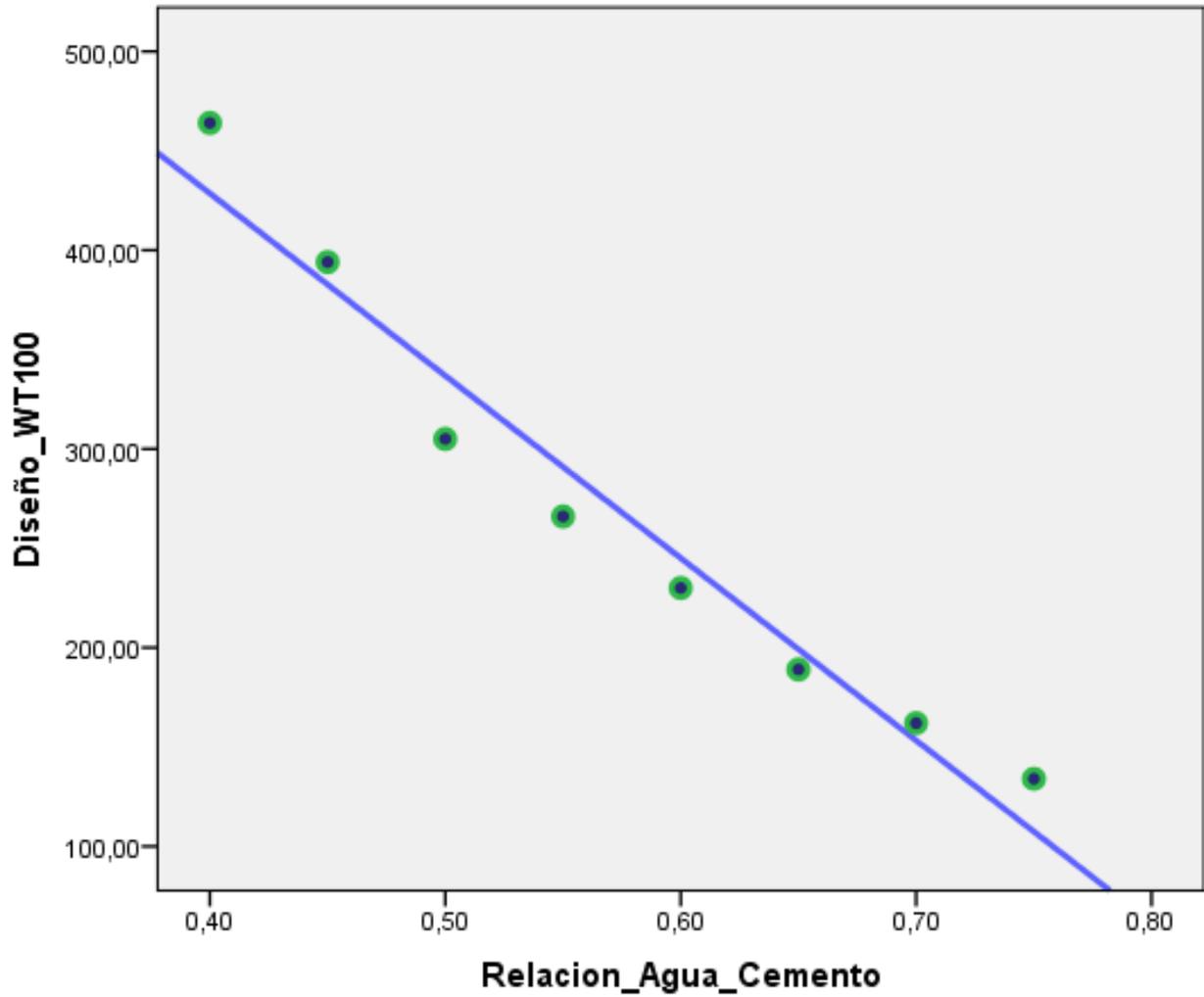


Figura 30. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 3 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 795.631 - 917.619 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 795.631 - 917.619 x$

2° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a tres días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 3 días”

- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 95.54%** en la resistencia a la compresión del diseño WT 100

Prueba de hipótesis C

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT – 200 a los 3 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 87.

Tabla 87. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 3 días del diseño WT – 200.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT200	284.8750	102.50218	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 3 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 3 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 88; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 89 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 90.

Tabla 88. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	753,226	46,040		16,360	0,000
Relación agua/cemento	-814,524	78,525	-0,973	-10,373	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del Diseño_WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 753.226 - 814.524 x$$

Tabla 89. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,973 ^a	,947	,938	25,44512	,947	107,594	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.973

Coefficiente de determinación R²: 0.947

R² ajustado: 0.938

Error Típico: 25.44512

Observaciones: 8

Tabla 90. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	69,662.149	1	69,662.149	107.594	0.000b
Residuo	3,884.726	6	647.454		
Total	73,546.875	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT 200

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{69662.149}{73546.875} = 0.94718027$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 31) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño WT 200.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la 1° observación cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

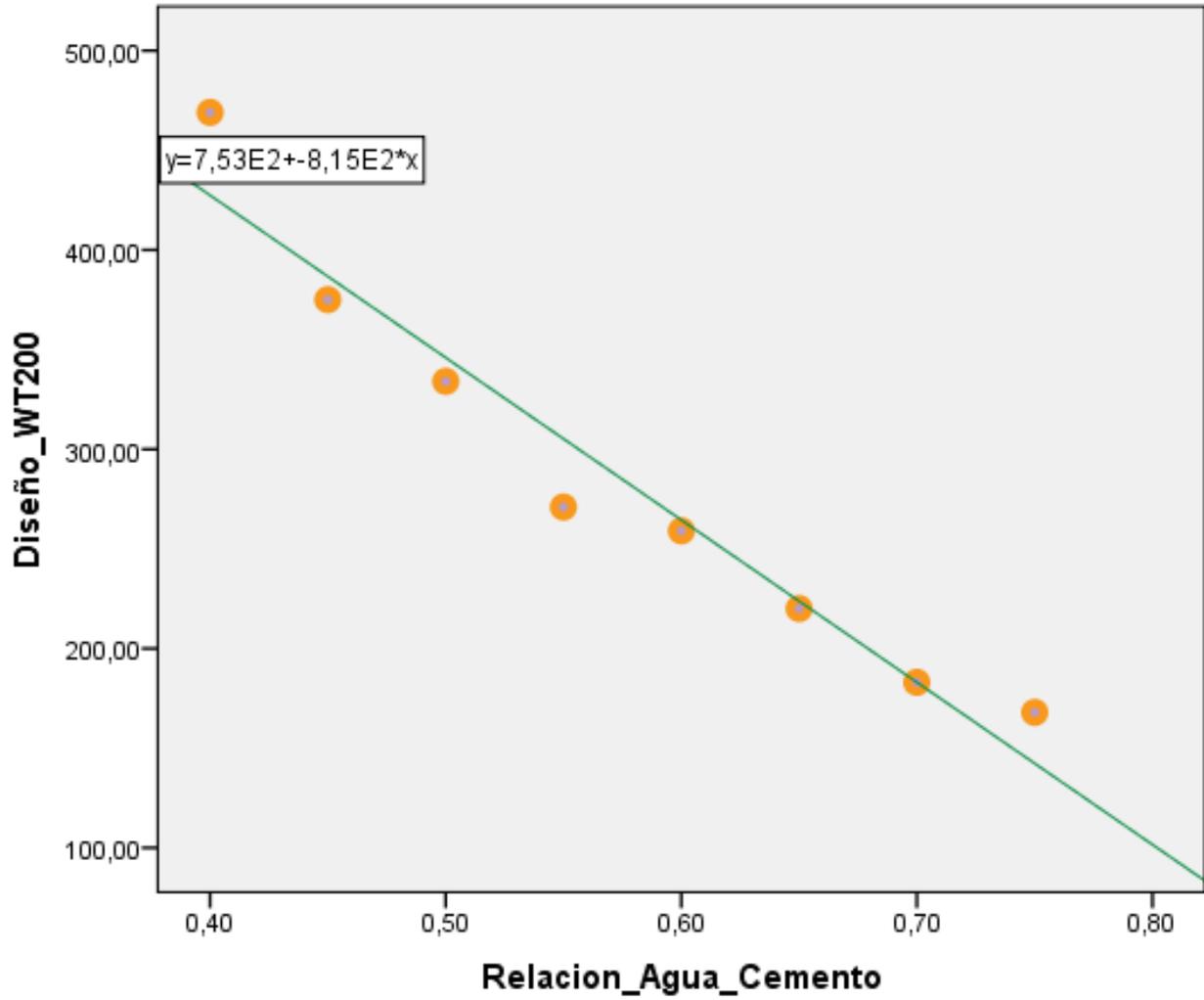


Figura 31. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 753.226 - 814.524 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 753.226 - 814.524 x$

2° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a tres días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 3 días”

- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 94.72%** en la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 3 días.

4.3.2.2. Prueba de regresión lineal (resistencia a la compresión a los 7 días)

Para la prueba de regresión lineal se tiene tres (03) pruebas de hipótesis A (patrón), B (WT 100) y C (WT 200), descritos en la tabla 91.

Tabla 91. Datos de resistencia a la compresión a los 7 días para ingresar al programa SPSS V22.

Relación a/c	Diseño patrón (kg/cm ²)	Diseño WT100 (kg/cm ²)	Diseño WT200 (kg/cm ²)
0.75	181	173	219
0.70	207	206	221
0.65	236	241	236
0.60	292	301	287
0.55	310	313	352
0.50	381	409	423
0.45	429	464	467
0.40	504	503	530

Fuente: Propia. Elaboración: SPSS V22

Prueba de hipótesis A

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño Patrón a los 7 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 92.

Tabla 92. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño patrón.

Variables	Media	Desviación estándar	N
Patrón	317.5000	113.03476	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño patrón evaluado en 7 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del Diseño patrón evaluado en 7 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coeficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 93; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 94 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 95.

Tabla 93. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño Patrón a los 7 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	841,024	36,161		23,258	0,000
Relación agua/cemento	-910,476	61,676	-0,987	-14,762	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño Patrón

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + b x$$

y = Resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 841.024 - 910.476 x$$

Tabla 94. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,987 ^a	,973	,969	19,98531	,973	217,924	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_Patron

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.987

Coefficiente de determinación R²: 0.973

R² ajustado: 0.969

Error Típico: 19.98531

Observaciones: 8

Tabla 95. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	69,093.149	1	69,093.149	122.988	0.000 ^b
Residuo	3,370.726	6	561.788		
Total	72,463.875	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño patrón

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{87041.524}{89438.000} = 0.97320517$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 32) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño patrón.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

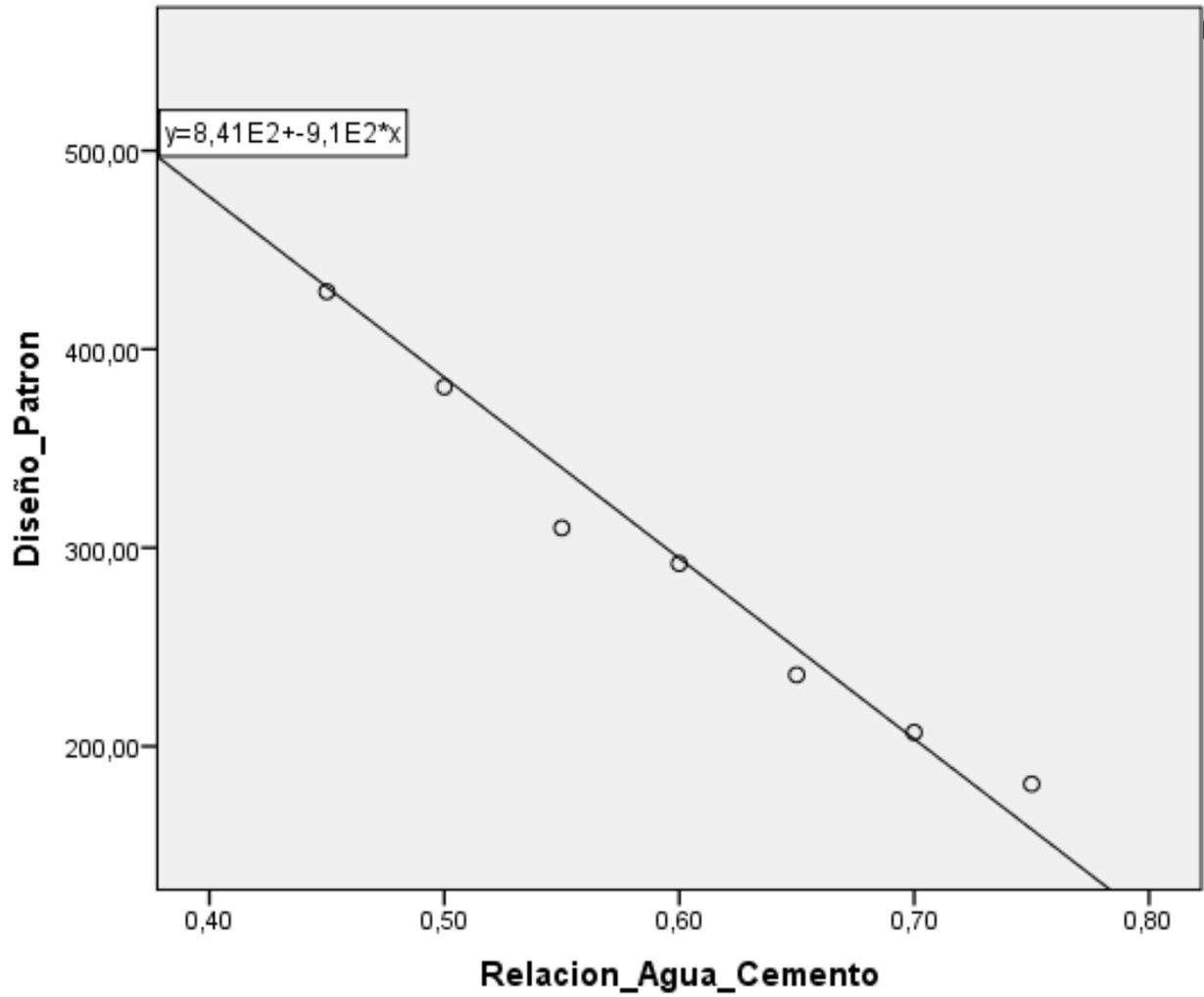


Figura 32. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 7 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 841.024 - 910.476 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 841.024 - 910.476 x$

1° Conclusión

Usando el método de regresión lineal con el SPSS V22 en el modelo de resistencia a la compresión del diseño patrón a los siete días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño patrón evaluado en 7 días”

- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 97.32%** en la resistencia a la penetración del agua del diseño patrón.

Prueba de hipótesis B

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT – 100 a los 7 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 96.

Tabla 96. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño WT – 100.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT100	326.2500	121.35515	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 7 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 7 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 97; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 98 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 99.

Tabla 97. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	889,750	35,019		25,408	0,000
Relación agua/cemento	-980,000	59,728	-0,989	-16,408	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del Diseño_WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 889.750 - 980.000 x$$

Tabla 98. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,989 ^a	,978	,975	19,35416	,978	269,211	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.989

Coefficiente de determinación R²: 0.978

R² ajustado: 0.975

Error Típico: 19.35416

Observaciones: 8

Tabla 99. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	100,842.000	1	100,842.000	269.211	0.000 ^b
Residuo	2,247.500	6	374.583		
Total	103,089.500	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT100

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{100842}{103089.5} = 0.97819856$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 33) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño WT 100.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

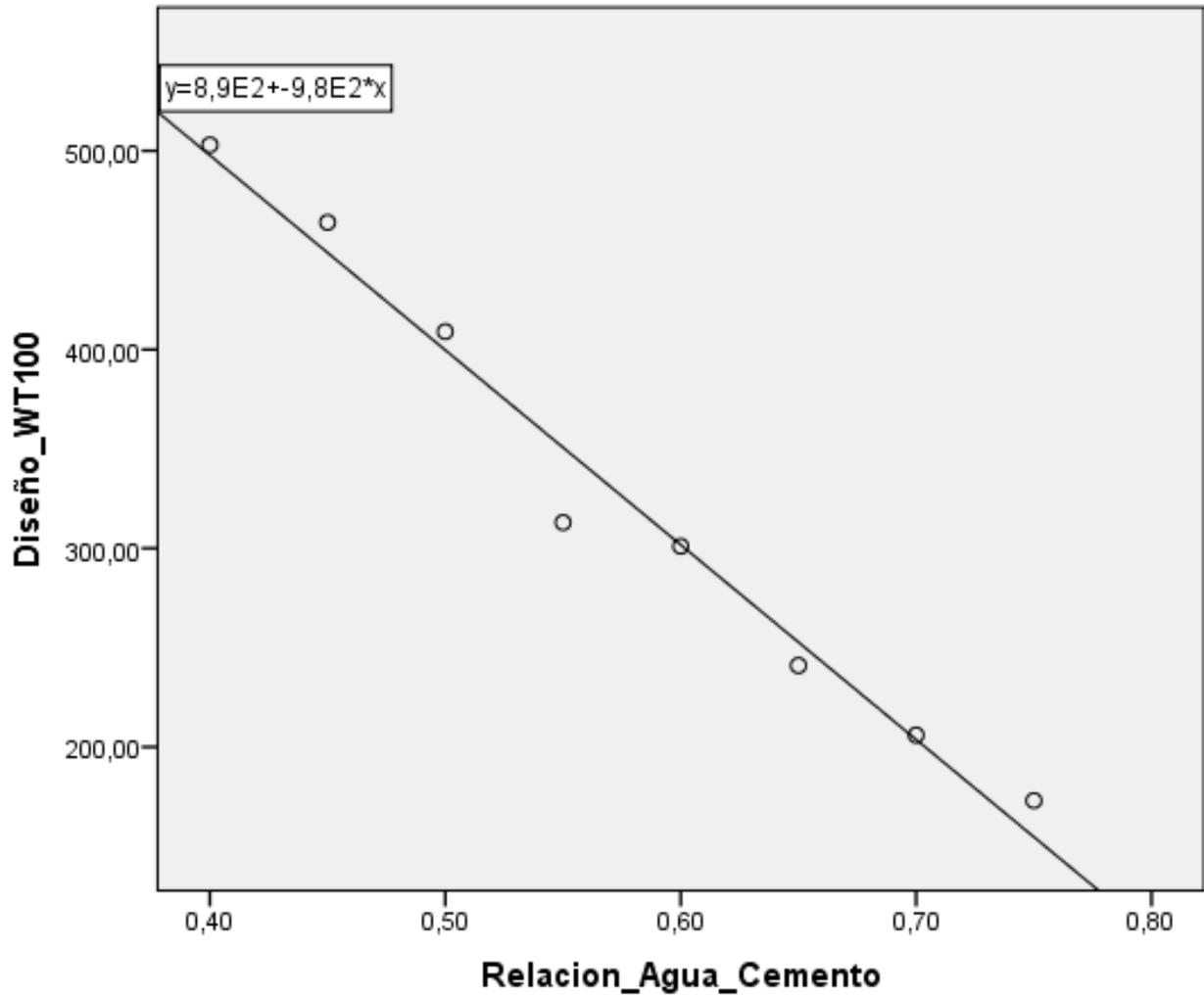


Figura 33. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 7 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 889.750 - 980.000 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 889.750 - 980.000 x$

2° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a siete días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 7 días”.

- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 97.82%** en la resistencia a la compresión del diseño WT 100.

Prueba de hipótesis C

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT 200 a los 7 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 100.

Tabla 100. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 7 días del diseño WT – 200.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT200	341.8750	120.51134	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 7 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 7 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coeficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 101; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 102 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 103.

Tabla 101. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	894,012	51,415		17,388	0,000
Relación agua/cemento	-960,238	87,694	-0,976	-10,950	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del Diseño_WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + b x$$

y = Resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 894.012 - 960.238 x$$

Tabla 102. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,976 ^a	,952	,944	28,41616	,952	119,899	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.976

Coefficiente de determinación R²: 0.952

R² ajustado: 0.944

Error Típico: 28.41616

Observaciones: 8

Tabla 103. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	96,816.006	1	96,816.006	119.899	0.000b
Residuo	4,844.869	6	807.478		
Total	101,660.875	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT200

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{96816.006}{101660.875} = 0.95234284$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 34) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño WT 200.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

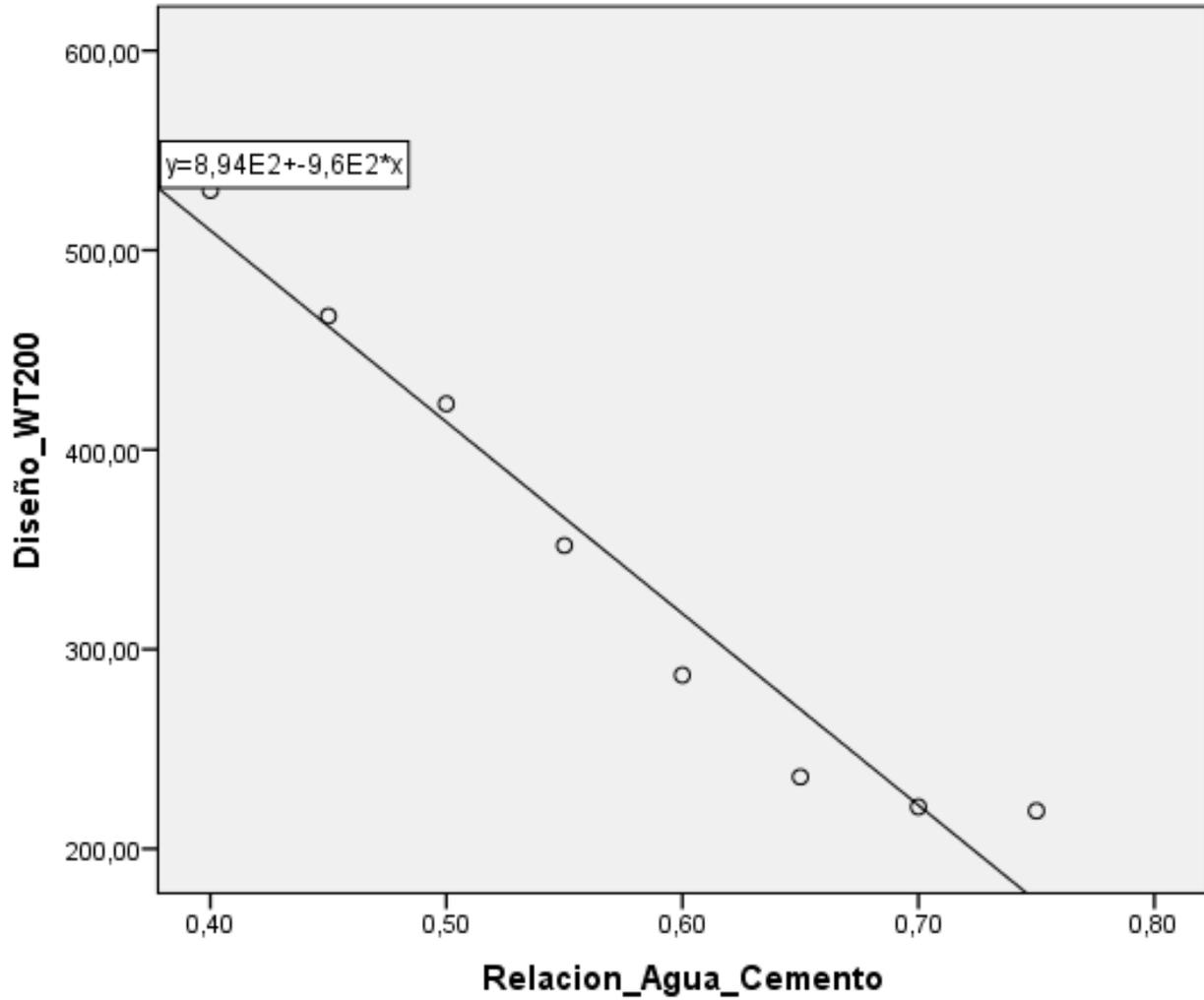


Figura 34. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 7 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 894.012 - 960.238 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 894.012 - 960.238 x$

3° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a siete días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 7 días”
- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 95.23%** en la resistencia a la compresión del diseño WT 200.

4.3.2.3. Prueba de regresión lineal (resistencia a la compresión a los 28 días)

Para la prueba de regresión lineal se tiene tres (03) pruebas de hipótesis A (patrón), B (WT 100) y C (WT 200), descritos en la tabla 104.

Tabla 104. Datos de resistencia a la compresión a los 28 días para ingresar al programa SPSS V22.

Relación a/c	Diseño patrón (kg/cm ²)	Diseño WT100 (kg/cm ²)	Diseño WT200 (kg/cm ²)
0.75	238	204	254
0.70	268	247	270
0.65	306	280	304
0.60	356	360	351
0.55	376	374	414
0.50	459	468	496
0.45	528	540	552
0.40	238	204	254

Fuente y elaboración: SPSS V22

Prueba de hipótesis A

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño patrón a los 28 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 105.

Tabla 105. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño patrón.

Variables	Media	Desviación estándar	N
Patrón	317.5000	113.03476	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño patrón evaluado en 28 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño patrón evaluado en 28 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coeficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 106; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 107 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 108.

Tabla 106. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño Patrón a los 28 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	1021,929	59,546		17,162	0,000
Relación agua/cemento	-1088,571	101,562	-0,975	-10,718	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño Patrón

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 1021.929 - 1088.571 x$$

Tabla 107. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,975 ^a	,950	,942	32,90969	,950	114,883	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_Patron

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.975

Coefficiente de determinación R2: 0.95

R2 ajustado: 0.942

Error Típico: 32.90969

Observaciones: 8

Tabla 108. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	124,423.714	1	124,423.714	114.883	0.000 ^b
Residuo	6,498.286	6	1,083.048		
Total	130,922.000	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño patrón

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{124423.714}{130922} = 0.95036521$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 35) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño patrón.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

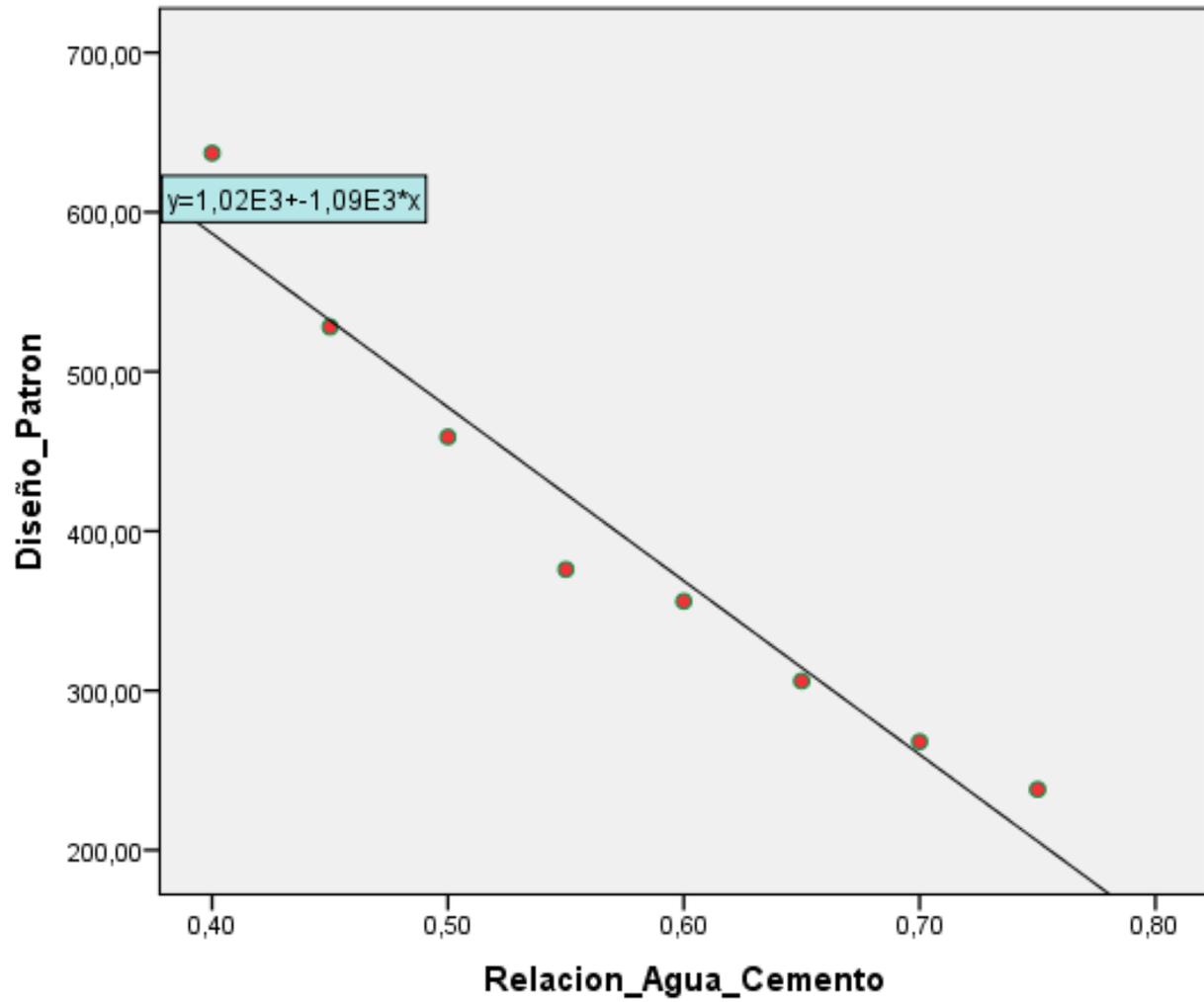


Figura 35. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño patrón a los 28 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 1021.929 - 1088.571 x$ cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 1021.929 - 1088.571 x$

1° Conclusión

Usando el método de regresión lineal con el SPSS V22 en el modelo de resistencia a la compresión del diseño patrón a veintiocho días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño patrón evaluado en 28 días”.
- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 95.04%** en la resistencia a la compresión del diseño patrón.

Prueba de hipótesis B

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT – 100 a los 28 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 109.

Tabla 109. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño WT 100.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT100	386.7500	146.46379	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 28 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 28 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 110; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 111 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 112.

Tabla 110. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	1066,071	44,353		24,036	0,000
Relación agua/cemento	-1181,429	75,648	-0,988	-15,617	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + b x$$

y = Resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 1066.071 - 1181.429 x$$

Tabla 111. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,988 ^a	,976	,972	24,51287	,976	243,902	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_WT100

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.988

Coefficiente de determinación R²: 0.976

R² ajustado: 0.972

Error Típico: 24.51287

Observaciones: 8

Tabla 112. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	146,556.214	1	146,556.214	243.902	0.000 ^b
Residuo	3,605.286	6	600.881		
Total	150,161.500	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT100

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{146556.214}{150161.5} = 0.97599061$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 36) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño WT 100.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

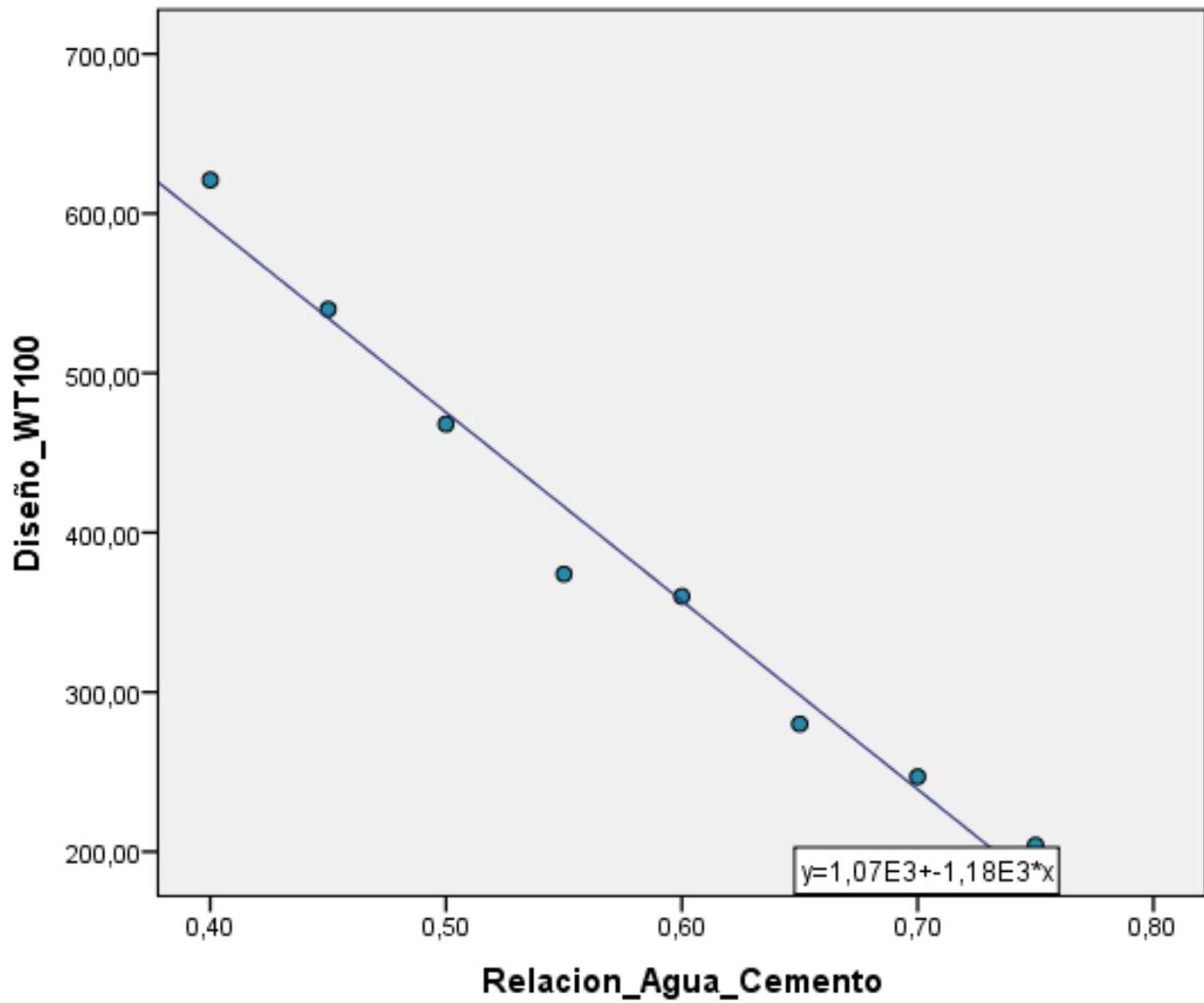


Figura 36. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a los 28 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 1066.071 - 1181.429 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 1066.071 - 1181.429 x$

2° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño WT 100 a 28 días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 100 evaluado en 28 días”.
- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 97.60%** en la resistencia a la compresión del diseño WT 100.

Prueba de hipótesis C

Para comparar la relación agua/cemento con el diseño WT 200 a los 28 días, se desarrolló estadísticos descriptivos mostrados en la tabla 113.

Tabla 113. Estadísticos descriptivos datos de resistencia a la compresión a los 28 días del diseño WT – 200.

Variables	Media	Desviación estándar	N
WT200	409.1250	139.13348	8
Relación a/c	0.5750	0.12247	8

Fuente y elaboración: SPSS V22

Primera hipótesis auxiliar

H₀: La variable independiente relación agua/cemento **no aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 28 días.

H₁: La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 28 días.

Consideramos el Nivel de Significación $\alpha = 0.05$

Análisis Estadístico usando Regresión

Utilizando las fórmulas de las ecuaciones normales de los datos obtendremos los coeficientes de regresión o utilizando Regresión de Análisis de datos, en el SPSS podemos calcular también los coeficientes de regresión:

Recta de Regresión:

El SPSS V22 nos predice la recta de regresión y arroja los siguientes resultados:

Coefficientes de la ecuación de la recta de regresión, mostrados en la tabla 114; el modelo de la regresión lineal, mostrado en la tabla 115 y la suma de cuadrados, mostrado en la tabla 116.

Tabla 114. Coeficientes de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	1051,893	48,429		21,720	0,000
Relación agua/cemento	-1117,857	82,601	-0,984	-13,533	0,000

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

$$y = a + bx$$

y = Resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días

x = Relación agua/cemento

$$y = 1051.893 - 1117.857 x$$

Tabla 115. Modelo de regresión de la resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,984 ^a	,968	,963	26,76563	,968	183,150	1	6	,000

a. Predictores: (Constante), Relacion_Agua_Cemento

b. Variable dependiente: Diseño_WT200

Fuente y elaboración: SPSS V22

Estadísticas de la Regresión:

Coefficientes de la correlación: 0.984

Coefficiente de determinación R²: 0.968

R² ajustado: 0.963

Error Típico: 26.76563

Observaciones: 8

Tabla 116. Suma de cuadrados de la regresión lineal de los datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	131,208.482	1	131,208.482	183.150	0.000b
Residuo	4,298.393	6	716.399		
Total	135,506.875	7			

a. Variable dependiente: Resistencia a la compresión del diseño WT200

b. Predictores: (Constante), Relación agua/cemento

Fuente y elaboración: SPSS V22

El coeficiente de determinación múltiple (r^2)

Utilizaremos para determinar la tasa porcentual de “y” para ser explicado

por la variable “x”, utilizando la siguiente fórmula: $r^2 = \frac{SC_{regresion}}{SC_{Total}}$

$$r^2 = \frac{131208.482}{135506.875} = 0.96827915$$

Observaciones:

1° En este modelo se observa que la pendiente es negativa (ver detalle en figura 37) porque a menor relación agua/cemento se observa un incremento de la resistencia a la compresión del diseño WT 200.

2° Este modelo tiene sus restricciones: Para valores de la relación agua/cemento se encuentran desde 0.75 a 0.40.

3° El modelo es eficiente por lo que se dice en la observación (1) cumple con el modelo de la ecuación encontrada.

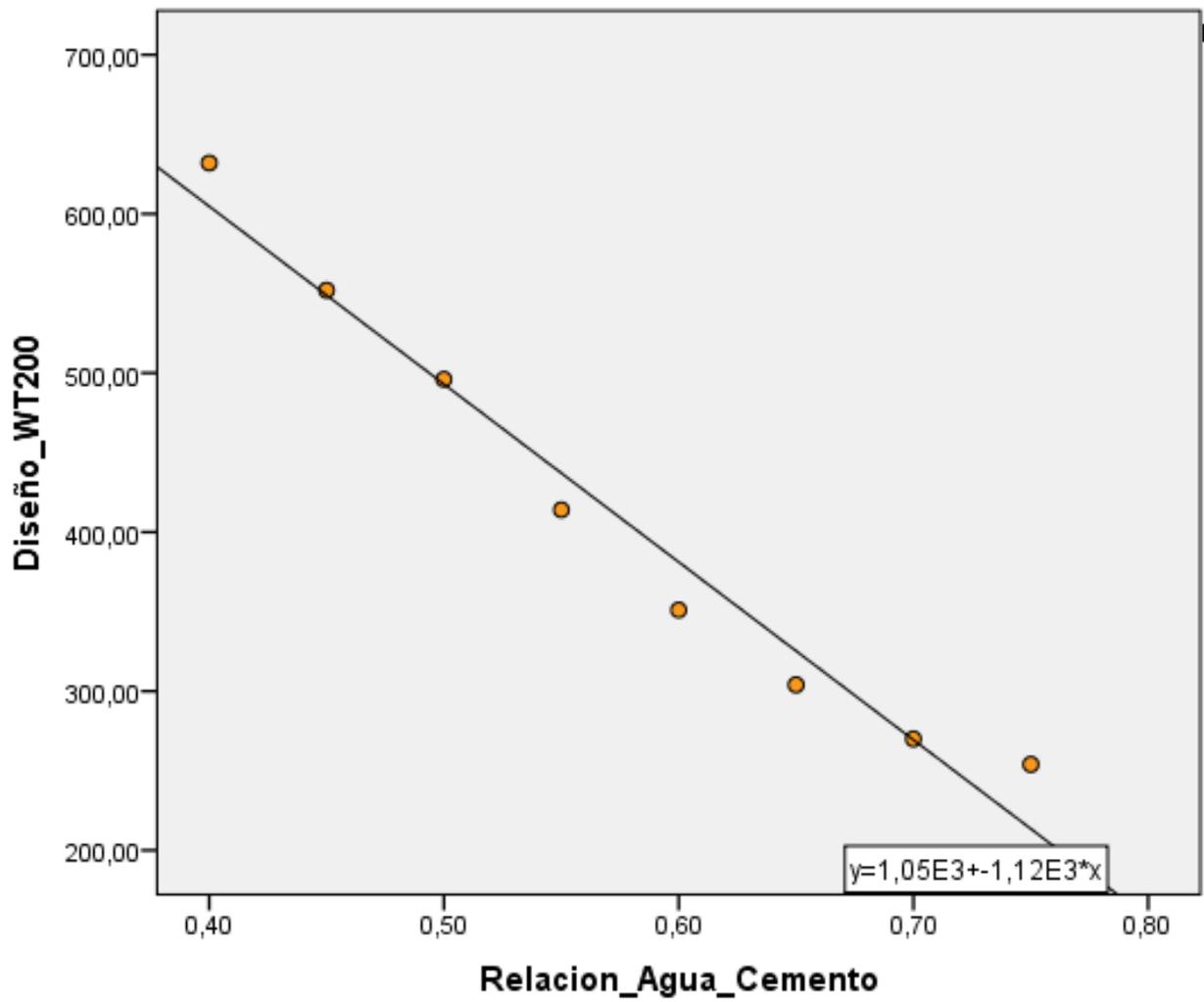


Figura 37. Recta de regresión de datos de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a los 28 días
Fuente y elaboración: SPSS V22

La ecuación de la recta de regresión es $y = 1051.893 - 1117.857 x$, cuya pendiente es negativa.

Esta gráfica nos permite decir que nuestro modelo es efectivo dentro del rango de análisis para los valores de x desde 0.40 a 0.75 es eficiente por cumple con el modelo de la ecuación encontrada $y = 1051.893 - 1117.857 x$

3° Conclusión

Usando el Método de Regresión Lineal con el SPSS V22 en el Modelo de resistencia a la compresión del diseño WT 200 a veintiocho días se tiene la siguiente conclusión:

- Se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la alterna “La variable independiente relación agua/cemento **si aumenta** de manera significativa la resistencia a la compresión del diseño WT 200 evaluado en 28 días”.

- De lo estudiado se tiene que la relación agua/cemento **influye en un 96.83%** en la resistencia a la compresión del diseño WT 200.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Discusión análisis de resultados

- El uso de aditivos reductores de permeabilidad como el Sika WT 100 y Sika WT 200, hicieron posible producir concretos de baja permeabilidad con relación agua/cemento.
- El uso del aditivo reductor de permeabilidad Sika WT 100 en una dosis del 2% y con una relación a/c 0.4, permitió obtener una profundidad de penetración de agua de 30 mm.
- El uso del aditivo reductor de permeabilidad Sika WT 200 en una dosis del 1% y con una relación a/c 0.4, permitió obtener una profundidad de penetración de agua de 15 mm.
- Las resistencias a la compresión del concreto se incrementaron en función a la disminución de la relación a/c.
- Los ensayos de granulometría de los agregados resultaron correctos, el módulo de finura del agregado fino fue 3.07 (Tabla 6); encontrándose dentro del rango para concretos normales, el módulo de finura del agregado grueso fue 6.44 (Tabla 15). los puntos evaluados ingresan dentro de los límites granulométricos. El agregado grueso se encuentra en la serie Huso 67 con un tamaño máximo nominal de 3/4".

Conclusiones

1. Para el concreto patrón, sin aditivo, se determinó la profundidad de penetración de agua bajo presión, obteniendo como resultados un rango de 40 mm a 150 mm para relaciones a/c de 0.40 a 0.75 respectivamente.
2. Para el concreto con aditivo Sika WT 100, se obtuvo profundidades de penetración de agua bajo presión de 30 mm a 125 mm para relaciones a/c de 0.40 a 0.75 respectivamente.
3. El aditivo reductor de permeabilidad Sika WT-100 logra reducciones de profundidad de penetración bajo presión de agua en promedio entre 15% a 25%, sin afectar las resistencias a la compresión del concreto.
4. Para el concreto con aditivo Sika WT 200, se obtuvo profundidades de penetración de 15 mm a 115 mm para relaciones a/c de 0.40 a 0.75 respectivamente.
5. El aditivo reductor de permeabilidad Sika WT-200 logra reducciones de profundidad de penetración bajo presión de agua en promedio entre 20% a 40%, sin afectar las resistencias a la compresión del concreto.
6. Las resistencias a la compresión a los 28 días del concreto de las relaciones a/c de 0.40 a 0.75 con aditivo Sika WT 100 alcanzó un promedio del 96% de las resistencias a la compresión obtenida del concreto patrón a la misma edad.
7. Las resistencias a la compresión a los 28 días del concreto de las relaciones a/c de 0.4 a 0.75 con aditivo Sika WT 200 alcanzo un promedio del 103% superando las resistencia a la compresión obtenida del concreto patrón a la misma edad.
8. Las resistencias a la compresión a los 3, 7 y 28 días en los diferentes diseños, no se vieron afectadas por el uso de aditivos de reducción de permeabilidad Sika WT 100 y Sika WT 200 en una dosificación de 2% y 1 % respectivamente.

9. En relación a la Norma Técnica Colombiana NTC 4483 (Tabla 61), determina la permeabilidad del concreto, ya sea de baja permeabilidad (menor a 30 mm), de media permeabilidad (entre 30 – 60 mm) o de alta permeabilidad (mayor a 60 mm). Es así que para el concreto patrón las relaciones a/c de 0.50 a 0.75 con profundidades de penetración que oscilan entre 75 mm y 150 mm se clasifican como de alta permeabilidad y de 0.40 a 0.45 con profundidades de 40 mm a 55 mm de media permeabilidad.
10. Para el concreto con aditivo Sika WT 100, las relaciones a/c de 0.55 a 0.75 con profundidades de penetración que oscilan entre 69 mm a 125 mm se clasifican como alta permeabilidad, de 0.45 a 0.50 con profundidades de 35mm a 60 mm de media permeabilidad y de 0.40 con una profundidad de 30 mm como baja permeabilidad.
11. Para el concreto con aditivo Sika WT 200, las relaciones a/c de 0.60 a 0.75 con profundidades de penetración que oscilan entre 65 mm a 115 mm se clasifican como alta permeabilidad, de 0.45 a 0.55 con profundidades de 45 mm a 60 mm de media permeabilidad y de 0.40 con una profundidad de 15 mm como baja permeabilidad.
12. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede determinar que el aditivo reductor de permeabilidad Sika WT 200 ofrece mejores resultados al no disminuir la resistencia a la compresión y mejorando la permeabilidad del concreto para las diferentes relaciones a/c.

Recomendaciones

1. El Sika WT 100 al estar en estado líquido presenta una fácil homogenización, disminuyendo el tiempo de mezclado del concreto.
2. La manipulación de los aditivos Sika WT 100 y Sika WT 200 son mejores desde el punto de vista saludable, fácil de manejar y su manipulación no trae consecuencias.
3. El Sika WT 100 y Sika WT 200 son recomendables porque se puede reducir la permeabilidad del concreto y por lo tanto se optimizó la durabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Concrete Institute. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*. Michigan: American Concrete Institute.

ASTM. (2007). *ASTM C150 Especificación normalizada para Cemento Portland*. Estados Unidos: ASTM Internacional.

ASTM. (1999). *ASTM C33/C33M Especificación estándar para los agregados de concreto*. Estados Unidos: ASTM.

Bornand, J. (2012). *Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos Portland Puzolánicos*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.

Comité ACI 116 R. (1998). *Terminología del cemento y el hormigón*. Estados Unidos: ACI.

Gómez, J. (2008). *Identificación y cuantificación de algunos factores en la permeabilidad de concretos y morteros*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

González, M. (2001). *Aspectos éticos de la investigación cualitativa*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Hermida, G. (2014). *Concreto Impermeable: Una mirada reciente*. Lima: Sika Perú.

Hurtado, A., & Domínguez, F. (2009). *Probabilidad y estadística para ingeniería*. México: Mc Graw Hill.

Norma Técnica Colombiana. (1998). *NTC 4483. Ingeniería Civil y Arquitectura. Concretos. Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua*. Bogotá: ICONTEC.

Olivares, J. (2007). *Estudio del Grado de Permeabilidad del Hormigón haciendo uso de aditivos y sin el uso de los mismos*. Oruro, Bolivia: Universidad Técnica de Oruro.

Oquendo, E. (2013). *Evaluación y Selección de Aditivos Impermeabilizantes para concreto con resistencia de 450kgf/cm²*. Miranda, Caracas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar.

Schlumpf, J., Bicher, B., & Schwoon, O. (2012). *Sika Concrete Handbook*. Zurich: Sika Services AG.

Sika. (2014). *Sika WT-100 Aditivo para hormigón impermeable*. Buenos Aires: Sika.

Sika. (2014). *Sika WT-200 P Aditivo impermeabilizante por cristalización para hormigón*. Santiago: Sika.

Trejos, M. (2010). *Beneficios de los aditivos por cristalización en el concreto*. San José: Intaco.

UNE. (2001). *UNE - EN 12390-8. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión*. España: AENOR.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			DISEÑO METODOLÓGICO
			VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Tipo de investigación: <i>Básica, Estudio</i> <i>Correlacional – Explicativa</i>
- ¿En qué medida los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 influyen en la permeabilidad en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana?	- Determinar la permeabilidad en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana aplicando los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 a los diseños de concreto.	- Al aplicar a los diseños de concreto los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200, optimiza la permeabilidad en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana.	Diseños de Concreto	Dosificación de los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200	- Aditivos en litros (L)	
				Relación agua/cemento	- Agua (m3) - Cemento (kg)	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente			Método de la investigación: <i>Cuantitativa</i> , la cual brinda variables, las que por medio de un proceso se convierten en datos perceptibles.
- ¿En qué medida la dosificación de los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 influyen en la determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión de los diseños de concreto en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana?	- Determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión de los diseños de concreto en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana, aplicando los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200	- Al aplicar los aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200, reducen la profundidad de penetración de agua bajo presión en el concreto de obras hidráulicas de Lima Metropolitana.	Permeabilidad	Profundidad de penetración de agua bajo presión	- En mm	
- ¿En qué medida la relación agua/cemento afecta la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200 en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana?	- Determinar la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivos Sika WT-100 y Sika WT-200, en las obras hidráulicas de Lima Metropolitana, aplicando diferentes relaciones agua/cemento	- Al aplicar las diferentes relaciones agua/cemento aumentan la resistencia a la compresión de los diseños de concreto con aditivo Sika WT-100 y Sika WT-200 en obras hidráulicas de Lima Metropolitana.		Resistencia a la compresión	-En kg/cm ²	Diseño de la investigación: <i>Experimental</i>

Fuente y elaboración: Propia

Anexo 2. Certificado de calibración de la máquina de compresión axial electro-hidráulica



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-096-2015**

Peticionario : SIKA PERÚ S.A.
 Atención : SIKA PERÚ S.A.
 Lugar de calibración : LEM Sika Perú S.A. - Centro Industrial Las Praderas de Lurín s/n Mz. "B"
 Lote 5 y 6 - Lurín - Lima
 Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica
 Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf ó 113 TN)
 División de escala : 0,1 kN
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Nº de serie del equipo : 06120000007 Modelo : 36-0650/06
 Panel digital : ADR ELE-INTERNATIONAL
 Nº de serie panel digital : 1886-1-3756
 Código Sika Perú S.A. : PRC-001
 Procedencia : USA
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26,4°C / 65%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25,6°C / 70%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8517A0314
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2015-08-03

Handwritten signature and date:
 19-08-15
 Chack Cruz Toruesso

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2015-08-07	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 INGENIERO CIVIL REG. CIV. N° 886197

Fuente: Sika. Elaboración: Celda EIRL.

Anexo 3. Resultados de medición de la máquina de compresión axial electro-hidráulica



Resultados de medición

Dirección de Carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2 U (%)
(%)	(kN)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
9	100	100,1	100,3	100,1	100,1	-0,1	0,1
18	200	198,9	199,7	199,6	199,4	0,3	0,1
27	300	299,6	299,4	299,7	299,5	0,2	0,1
36	400	398,8	399,3	399,4	399,2	0,2	0,1
45	500	499,0	498,5	499,0	498,8	0,2	0,1
54	600	599,0	599,1	599,3	599,2	0,1	0,1
63	700	699,7	699,8	699,5	699,7	0,0	0,1
72	800	799,0	799,0	798,9	799,0	0,1	0,1
81	900	900,3	900,9	900,1	900,4	0,0	0,1
90	1000	1000,2	1000,3	1000,6	1000,4	0,0	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C39



Anexo 4. Certificado de calibración del manómetro de equipo de permeabilidad



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCE-013-2015**

Peticionario	: SIKA PERÚ S.A.
Atención	: SIKA PERÚ S.A.
Lugar de calibración	: LEM Sika Perú S.A. - Centro Industrial Las Praderas de Lurín s/n Mz. "B" Lote 5 y 6 - Lurín - Lima
Tipo de equipo	: Manómetro de Equipo de Permeabilidad
Serie del equipo	: 11001770
Modelo del equipo	: 55-C0244/B
Tipo de indicador (dial)	: Analógico
Alcance de indicación	: 0 - 10 bar
División de escala	: 0,1 bar
Marca	: CONTROLS
Procedencia	: Italia
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial	: 20,3 °C / 75%
Temp.(°C) y H.R.(%) final	: 20,6 °C / 74%
Método de calibración	: Procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuómetros de deformación elástica - PC 004 - segunda edición.
Patrón de referencia	: Marca KELLER, tipo MPX de 0-26 bar de capacidad, con N° de serie 6537 con certificado de calibración N° 238134.
Número de páginas	: 2
Fecha de calibración	: 2015-08-19

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Seillo	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2015-08-20		

CCE-013-2015

Página 1 de 2

Av. Brasil 1361 Int. 602 - Jesús María - Lima Telf: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaairl.com email: celda@celdaairl.com

Fuente: Sika. Elaboración: Celda EIRL.

Anexo 5. Resultados de medición del manómetro de equipo de permeabilidad



Resultados de medición

Indicación Manómetro a Calibrar (bar)	Lectura del Patrón		Error		Incertidumbre (bar)
	Ascenso (bar)	Descenso (bar)	Ascenso (bar)	Descenso (bar)	
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004
1,0	0,99	0,99	0,01	0,01	0,004
2,0	1,99	1,99	0,01	0,01	0,004
3,0	2,97	2,97	0,03	0,03	0,004
4,0	3,97	3,97	0,03	0,03	0,004
5,0	4,96	4,96	0,04	0,04	0,004
6,0	5,96	5,96	0,04	0,04	0,004
7,0	6,96	6,96	0,04	0,04	0,004
8,0	7,94	7,94	0,06	0,06	0,004
9,0	8,95	8,95	0,05	0,05	0,004
10,0	9,95	9,95	0,05	0,05	0,004

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

