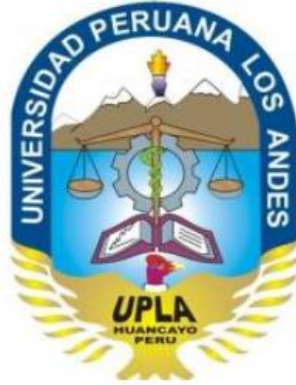


“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA AL INCORPORAR VIDRIO DE SOSA,
CAL Y SÍLICE EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
 $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ ”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

PRESENTADO POR:

BACH. JESUS MARTIN CAMAC RAMOS

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

HUANCAYO – PERU

2018

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA

ING. JAVIER AMADOR NAVARRO VELIZ
JURADO EXAMINADOR

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO EXAMINADOR

ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
JURADO EXAMINADOR

MG. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

Asesor metodológico
M SC. Tiber Joel Cano Camayo

Asesor temático
Ing. Vladimir Ordoñez Camposano

DEDICATORIA

A Dios por ser guía de mi camino y por estar siempre presente en mi vida y en mi corazón.

A mis padres Don Luis Alfredo Camac Casas y Doña Haydee Ramos Macetas, por su amor y apoyo absoluto y sin condición, porque gracias a todos sus consejos y palabras de aliento, me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero. A mi hermano Carlos Antonio Camac Ramos, por su ejemplo y cariño que me ha demostrado toda la vida y por estar en los momentos más importantes de la mía y a mis maestros ingenieros catedráticos, por su tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este documento.

Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS.....	I
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
RESUMEN	XX
ABSTRACT	XXI
INTRODUCCIÓN	XXII
CAPÍTULO I:	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema:	1
1.2. Formulación y sistematización del problema:	3
Problema general:.....	3
Problemas específicos:	3
1.3. Justificación:	3
Justificación metodológica.	3
Justificación social.....	4
Justificación ambiental.	4
1.4. Delimitación.	4
Espacial:.....	4
Temporal:	5
Económico:	5
1.5. Limitaciones.....	5

Técnicas:.....	5
Información:	5
1.6. Objetivos de la investigación:	6
Objetivo general:	6
Objetivos específicos:	6
CAPÍTULO II:.....	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes:.....	7
Internacionales:.....	7
Nacionales:	9
2.2. Marco conceptual:	12
El concreto	14
Tipos de Concreto	15
Ventajas Del Concreto	16
Desventajas Del Concreto.....	16
Primordiales atributos del concreto	16
Trabajabilidad o manejabilidad del concreto	17
Resistencia mecánica	17
Los agregados para el concreto	18
Tipos de agregados según su tamaño.	18
Porcentaje de absorción y humedad en los agregados del diseño de mezclas	20
Absorción de los agregados:.....	21
Requisitos de uso para los agregados:	21
Pasta de cemento	22

Aditivo	22
Clasificación de los aditivos para concreto.....	23
Tipos de aditivos	24
Vidrio Sódico	24
Peso unitario de los agregados fino y grueso.	27
Porcentajes de absorción y humedad de los agregados fino y grueso	28
Probeta de concreto	30
Relación agua/cemento (a/c)	30
SLUMP.....	31
Método de dosificación A.C.I. del concreto:	35
Parámetros de diseño:	36
Métodos de dosificación:.....	36
Pasos para la dosificación por el método ACI:.....	36
Tablas utilizadas para la dosificación de un concreto por el método ACI:	38
2.3. Definición de términos:	43
2.4. Hipótesis:.....	44
Hipótesis general:.....	44
Hipótesis específicas:.....	44
2.5. Matriz causal.....	45
2.6. Variables.....	46
Definición conceptual de la variable	46
Definición operacional de la variable.....	47
Operacionalización de las variables	49
2.7. Bases teóricas:	50

Teoría de Mohs: escalas de dureza de los minerales: (MOHS, 1822) .	50
Teoría del desarrollo: desarrollo sostenible: (Vasco-Euskal, 2002)	51
2.8. Normatividad:.....	53
CAPITULO III:	56
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.1. Método de investigación:	56
3.2. Tipo y nivel de investigación:	56
Tipo de investigación:.....	56
Nivel de investigación:.....	56
3.3. Diseño de la investigación:	57
3.4. Población y muestra:	57
Población:	57
Muestra:	58
3.5. Técnicas y recopilación de datos:.....	58
3.6. Materiales y recursos:.....	59
3.7. Procedimiento de la investigación:	65
Fase de planteamiento y organización:.....	65
Fase de recopilación de datos	66
Vidrio de sosa, cal y sílice utilizado.....	97
Fase de procesamiento y análisis de datos	104
Dosificación de un concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por el método ACI.	113
CAPITULO IV.....	185
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	185
Resultados específicos:.....	185

Resultado general:	207
CAPITULO V:.....	211
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	211
Discusiones específicas:	211
Discusión general	214
CONCLUSIONES	217
Conclusiones específicas	217
Conclusión general.....	218
RECOMENDACIONES.....	220
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	221
ANEXOS	223

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del cemento	12
Tabla 2. Composición del vidrio de fluorescentes y focos para el estudio.	26
Tabla 3. Valores de asentamiento recomendados para concretos de diferentes grados de trabajabilidad y manejabilidad, según el tipo de obra y condiciones de colocación.	34
Tabla 4. Algunos métodos de dosificación del concreto y sus usos.	36
Tabla 5. Cuadro de la matriz causal.	45
Tabla 6. Cuadro de la definición conceptual de las variables.	46
Tabla 7. Cuadro de la definición operacional de las variables.	47
Tabla 8. Cuadro de la Operacionalización de las variables.	49
Tabla 9. Tabla de recursos utilizados para la investigación.	64
Tabla 10. Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes.	95
Tabla 11. Tamices y sus porcentajes, módulo de fineza.	105
Tabla 12. Tamaño máximo nominal.	105
Tabla 13. Datos para el cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.	110
Tabla 14. Datos para el cálculo del porcentaje de humedad del agregado fino.	112
Tabla 15. Interpolación para el cálculo de la relación agua cemento.	116
Tabla 16. Determinación de la fuerza a la compresión axial, laboratorio DOSED.	127
Tabla 17. Determinación de la compresión axial, laboratorio GOVIL.	129
Tabla 18. Determinación de la compresión axial, laboratorio FULL CALIDAD.	132
Tabla 19. Resistencia promedio en kg/cm ² . Probeta N° 2	134
Tabla 20. Resistencia promedio en kg/cm ² , probeta N° 3	135
Tabla 21. Resistencia promedio en kg/cm ² , probeta N° 4	136
Tabla 22. Resistencia promedio en kg/cm ² , probeta N° 5	137
Tabla 23. Resistencia promedio en kg/cm ² , probeta N° 6.	138
Tabla 24. Resistencia promedio en kg/cm ² , probeta N° 7	139
Tabla 25. Resistencia promedio en kg/cm ² , probeta N° 8	140
Tabla 26. Resumen de las resistencias ultimas.	141

Tabla 27. <i>Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio DOSED.</i>	142
Tabla 28. <i>Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio GOVIL.</i>	144
Tabla 29. <i>Determinación de la compresión axial, laboratorio FULL CALIDAD.</i>	146
Tabla 30. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 2.</i>	148
Tabla 31. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 3.</i>	149
Tabla 32. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 4.</i>	150
Tabla 33. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 5.</i>	151
Tabla 34. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 6.</i>	152
Tabla 35. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 7.</i>	153
Tabla 36. <i>Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 8.</i>	154
Tabla 37. <i>Resumen de las resistencias ultimas.</i>	155
Tabla 38. <i>SLUMP del concreto con el 2% de vidrio incorporado.</i>	156
Tabla 39. <i>SLUMP del concreto con el 5% de vidrio incorporado.</i>	156
Tabla 40. <i>SLUMP del concreto con el 7% de vidrio incorporado.</i>	157
Tabla 41. <i>SLUMP del concreto con el 10% de vidrio incorporado.</i>	157
Tabla 42. <i>SLUMP del concreto con el 15% de vidrio incorporado.</i>	158
Tabla 43. <i>SLUMP del concreto con el 25% de vidrio incorporado.</i>	158
Tabla 44. <i>SLUMP del concreto con el 50% de vidrio incorporado.</i>	159
Tabla 45. <i>Resumen de los SLUMP obtenidos en las pruebas de trabajabilidad.</i>	159
Tabla 46. <i>Determinación de la compresión axial, en el concreto convencional dado por el laboratorio DOSED.</i>	161
Tabla 47. <i>Determinación de la compresión axial, en el concreto convencional dado por el laboratorio GOVIL.</i>	162
Tabla 48. <i>Determinación de la compresión axial, en el concreto convencional dado por el laboratorio FULL CALIDAD.</i>	163
Tabla 49. <i>Resistencia promedio en kg/cm², CONCRETO CONVENCIONAL.</i>	164
Tabla 50. <i>Resumen de las resistencias ultimas, para la comparación.</i>	165
Tabla 51. <i>Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado.</i>	165

Tabla 52. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado.	166
Tabla 53. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado.	166
Tabla 54. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado.	167
Tabla 55. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado.	168
Tabla 56. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado.	168
Tabla 57. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado.	169
Tabla 58. Cuadro comparativo de las resistencias alcanzadas por el concreto convencional vs las dosificaciones de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla, para ensayo de compresión axial.	170
Tabla 59. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio DOSED.	171
Tabla 60. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio GOVIL.	172
Tabla 61. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio FULL CALIDAD.	173
Tabla 62. Resistencia promedio en kg/cm ² , CONCRETO CONVENCIONAL.	174
Tabla 63. Resumen de las resistencias ultimas.	174
Tabla 64. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado.	175
Tabla 65. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado.	175
Tabla 66. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado.	176
Tabla 67. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado.	177

Tabla 68. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado.	177
Tabla 69. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado.	178
Tabla 70. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado.	179
Tabla 71. Cuadro comparativo de las resistencias alcanzadas por el concreto convencional vs las dosificaciones de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla, para el ensayo de compresión por tracción diametral.	180
Tabla 72. SLUMP del concreto convencional.	181
Tabla 73. Cuadro comparativo de las medidas alcanzadas por las pruebas de trabajabilidad (ensayo del SLUMP), para todas las mezclas destinadas a los dos ensayos de compresión realizados.	182
Tabla 74. Tamices y sus porcentajes;	185
Tabla 75. Valor del tamaño máximo nominal.	186
Tabla 76. Consolidado de los pesos unitarios de los agregados fino y grueso.	187
Tabla 77. Elección del cemento a utilizar.	188
Tabla 78. Datos del cemento para fines de cálculo.	188
Tabla 79. Tamizado del vidrio de fluorescente y focos reciclados.	189
Tabla 80. Consolidado de los porcentajes de absorción y humedad de os agregados fino y grueso.	190
Tabla 81. Consolidado de los parámetros del concreto convencional.	191
Tabla 82. Consolidado del cálculo de la dosificación de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (concreto convencional).	192
Tabla 83. Valores de los ingredientes del concreto por metro cubico.	193
Tabla 84. Aceptabilidad de las resistencias alcanzadas por los porcentajes de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado a la mezcla en sus ensayos realizados.	198
Tabla 85. Consolidado de resistencias alcanzadas en el ensayo de compresión axial.	199
Tabla 86. Consolidado de resistencias alcanzadas en el ensayo de compresión por tracción diametral.	201

Tabla 87. *Comparación de la trabajabilidad del concreto convencional con sus diferentes porcentajes de vidrio de sosa, cal y sílice incorporados a la mezcla. 203*

Tabla 88. *Influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales y para sus diferentes usos en obras civiles del Perú..... 210*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Cantera Baltazar, Pilcomayo – Huancayo – Perú. Fuente: Elaboración propia.</i>	18
Figura 2. <i>Ensayo de asentamiento del concreto, prueba del SLUMP. Fuente: Elaboración propia.</i>	32
Figura 3. <i>Tabla del volumen unitario de agua. Fuente: comité 211 ACI.....</i>	38
Figura 4. <i>Tabla del contenido de agua atrapado. Fuente: comité 211 ACI.....</i>	39
Figura 5. <i>Tabla del módulo de fineza de la combinación de agregados. Fuente: comité 211 ACI.....</i>	39
Figura 6. <i>Tabla del Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto. Fuente: comité 211 ACI.....</i>	40
Figura 7. <i>Tabla del Relación agua – cemento por resistencia. Fuente: comité 211 ACI. ..</i>	40
Figura 8. <i>Tabla del Contenido de aire incorporado y total. Fuente: comité 211 ACI.....</i>	41
Figura 9. <i>Tabla del Condiciones especiales de exposición. Fuente: comité 211 ACI.</i>	41
Figura 10. <i>Tabla del Porcentaje de agregado fino. Fuente: comité 211 ACI.</i>	42
Figura 11. <i>Tabla del volumen unitario de agua. Fuente: comité 211 ACI.....</i>	42
Figura 12. <i>Escala de Mohs, dureza de los minerales. Fuente: Friedrich Mohs (1773-1839) Geólogo/Minerólogo Alemán.....</i>	51
Figura 13. <i>Desarrollo sostenible. Fuente: vasco Euskal – desarrollo sostenible.</i>	51
Figura 14. <i>Tamices para ensayos granulométricos. Fuente: Elaboración propia.</i>	59
Figura 15. <i>Jarras de plástico graduadas. Fuente: Elaboración propia.</i>	59
Figura 16. <i>Equipo para la producción de las probetas de concreto. Fuente: Elaboración propia.</i>	60
Figura 17. <i>Vidrio de fluorescentes. Fuente: Elaboración propia.</i>	60
Figura 18. <i>Balanza graduada al gr. Fuente: Elaboración propia.....</i>	61
Figura 19. <i>Recipiente de metal y espátula. Fuente: Elaboración propia.....</i>	61
Figura 20. <i>EPP´s – equipos de protección básicos. Fuente: Elaboración propia.</i>	62
Figura 21. <i>Máquina para ensayos de compresión axial y diametral. Fuente: Elaboración propia.</i>	62

Figura 22.	<i>Perol de inox para curado de las probetas. Fuente: Elaboración propia.</i>	63
Figura 23.	<i>Cámara de fotos y video. Fuente: Elaboración propia.</i>	63
Figura 24.	<i>Cantera “Baltazar” in – situ – rio Mantaro. Fuente: Elaboración propia.</i>	66
Figura 25.	<i>Cantera “Baltazar” – Pilcomayo. Fuente: Elaboración propia.</i>	66
Figura 26.	<i>Zarandeo de la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	67
Figura 27.	<i>Limpieza de la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	67
Figura 28.	<i>Secar la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	68
Figura 29.	<i>Pesando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	68
Figura 30.	<i>Saturando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	69
Figura 31.	<i>Muestra en el horno por 24 horas. Fuente: Elaboración propia.</i>	70
Figura 32.	<i>Pesando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	70
Figura 33.	<i>Muestra en el horno.</i>	71
Figura 34.	<i>Cuarteo de la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	72
Figura 35.	<i>Zarandeando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	72
Figura 36.	<i>Lavando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	73
Figura 37.	<i>Saturando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	73
Figura 38.	<i>Secando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	74
Figura 39.	<i>Prueba del conito. Fuente: Elaboración propia.</i>	74
Figura 40.	<i>Verificación de la prueba del conito. Fuente: Elaboración propia.</i>	75
Figura 41.	<i>Fiola. Fuente: Elaboración propia.</i>	75
Figura 42.	<i>Pesando la fiola con la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	76
Figura 43.	<i>Muestra en el horno por 24 horas. Fuente: Elaboración propia.</i>	76
Figura 44.	<i>Muestra en taritas. Fuente: Elaboración propia.</i>	77
Figura 45.	<i>Pesando la muestra. Fuente: Elaboración propia.</i>	77
Figura 46.	<i>Muestra en el horno. Fuente: Elaboración propia.</i>	78
Figura 47.	<i>Bolsa de cemento “ANDINO” – tipo I. Fuente: Elaboración propia.</i>	79
Figura 48.	<i>Peso de la muestra de agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.</i>	80
Figura 49.	<i>Peso de la muestra de agregado fino. Fuente: Elaboración propia.</i>	80
Figura 50.	<i>Peso del cemento. Fuente: Elaboración propia.</i>	81
Figura 51.	<i>Peso del vidrio de sosa, cal y silice. Fuente: Elaboración propia.</i>	81
Figura 52.	<i>Mezcla de los agregados grueso y fino Fuente: Elaboración propia.</i>	82

Figura 53. Incorporación del vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla del concreto. Fuente: Elaboración propia.	82
Figura 54. Mezclando todos los ingredientes para la mezcla. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 55. Incorporando agua a la mezcla. Fuente: Elaboración propia.	83
Figura 56. Materiales para la fabricación de probeta de concreto. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 57. Empapando el molde con petróleo. Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 58. Ajustado el molde con alicata. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 59. Llenando el molde con la mezcla de concreto. Fuente: Elaboración propia.	85
Figura 60. Chuseando la mezcla, 25 golpes por norma. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 61. Golpeando el molde, 16 golpes por 4 costados, 4 en cada lado, con el martillo de goma. Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 62. Nivelando la tercera capa y ultima de la probeta con la varilla. Fuente: Elaboración propia.	87
Figura 63. Probeta de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Fuente: Elaboración propia.	87
Figura 64. Probetas para ensayo de compresión axial. Fuente: Elaboración propia.	88
Figura 65. Probeta para ensayo de tracción diametral. Fuente: Elaboración propia.	88
Figura 66. Cumpliendo la edad de curado de la probetas. Fuente: Elaboración propia. ...	89
Figura 67. Falla por compresión axial. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 68. Falla por tracción diametral. Fuente: Elaboración propia.	90
Figura 69. Distribución de los agregados y cemento en la probeta de concreto convencional. Fuente: Elaboración propia.	90
Figura 70. Distribución de los agregados, cemento y vidrio en la probeta de concreto con 5% de vidrio incorporado. Fuente: Elaboración propia.	91
Figura 71. Molde para determinar el asentamiento. Fuente. Manual de ensayos de materiales, normas MTC, proporcionadas por el ICG.	93
Figura 72. Cilindro colocado para ensayo de tensión indirecta	97
Figura 73. Vidrio de sosa, cal y sílice reciclado de fluorescentes y focos.	98
Figura 74. Vidrio de sosa, cal y sílice chancado.	99
Figura 75. Evidencia del vidrio chancado preparado para pulverizar en la moledora.	99

Figura 76. Herramienta manual para moler.	100
Figura 77. Vertiendo el vidrio chancado a la moledora.	100
Figura 78. Moliendo el vidrio de sosa, cal y sílice de fluorescentes y focos.	101
Figura 79. Resultado del vidrio al pasar por la moledora.	101
Figura 80. Pequeña muestra al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla.	103
Figura 81. Pequeña muestra mezclada de vidrio y hormigón.	104
Figura 82. Medición del agregado grueso utilizado.	105
Figura 83. Contenido de aire atrapado	114
Figura 84. Volumen unitario de agua.	115
Figura 85. Relación agua/cemento por resistencia.	115
Figura 86. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.	117
Figura 87. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N°2	134
Figura 88. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 3.	135
Figura 89. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 4.	136
Figura 90. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 5.	137
Figura 91. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 6.	138
Figura 92. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 7.	139
Figura 93. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 8.	140
Figura 94. Resumen de los promedios de las resistencias obtenidas en los tres laboratorios.	141
Figura 95. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 2.	148
Figura 96. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 3.	149
Figura 97. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 4.	150
Figura 98. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 5.	151
Figura 99. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 6.	152
Figura 100. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 7.	153
Figura 101. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 8.	154
Figura 102. Resumen de los promedios de las resistencias obtenidas en los tres laboratorios.	155
Figura 103. SLUMP para el 2% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.	156
Figura 104. SLUMP para el 5% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.	156

Figura 105. SLUMP para el 7% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.....	157
Figura 106. SLUMP para el 10% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.	157
Figura 107. SLUMP para el 15% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.	158
Figura 108. SLUMP para el 25% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.	158
Figura 109. SLUMP para el 50% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.	159
Figura 110. Resumen de las medidas de SLUMP obtenidos por cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.....	160
Figura 111. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado a su mezcla.....	165
Figura 112. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado a su mezcla.....	166
Figura 113. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado a su mezcla.....	167
Figura 114. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado a su mezcla.....	167
Figura 115. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado a su mezcla.....	168
Figura 116. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado a su mezcla.....	169
Figura 117. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado a su mezcla.....	169
Figura 118. Comparación de las resistencias ensayo de compresión axial.....	171
Figura 119. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado a su mezcla.....	175
Figura 120. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado a su mezcla.....	176
Figura 121. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado a su mezcla.....	176
Figura 122. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado a su mezcla.....	177

Figura 123. <i>Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado a su mezcla.....</i>	178
Figura 124. <i>Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado a su mezcla.....</i>	178
Figura 125. <i>Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado a su mezcla.....</i>	179
Figura 126. <i>SLUMP para el concreto convencional.....</i>	181
Figura 127. <i>Grafica de comparación final entre las medidas de SLUMP obtenidas en el ensayo de asentamiento del concreto fresco.....</i>	183
Figura 128. <i>Grafica final del desempeño del concreto.</i>	184
Figura 129. <i>Evidencia de medición del agregado grueso.</i>	186
Figura 130. <i>Comportamiento del concreto sometido a ensayos de compresión axial.....</i>	194
Figura 131. <i>Comportamiento del concreto sometido a ensayos de tracción diametral....</i>	195
Figura 132. <i>Trabajabilidad del concreto con la prueba del SLUMP.</i>	196
Figura 133. <i>Comparación de las resistencias alcanzadas del concreto convencional y con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice por medio de ensayos de compresión axial.</i>	200
Figura 134. <i>Comparación de las resistencias alcanzadas del concreto convencional y con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice por medio de ensayos de compresión por tracción diametral.</i>	202
Figura 135. <i>Medidas de SLUMP del hormigón, alcanzadas por medio del ensayo del “Cono de Abrams”.....</i>	205
Figura 136. <i>Ensayos de resistencia a las probetas de concreto, viendo su trabajabilidad en cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.</i>	208

RESUMEN

La presente tesis debe resolver el problema general ¿Cuál es la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales?, teniendo como objetivo general “Determinar la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales” y la hipótesis general que debe verificarse es “La incorporación de vidrio de sosa, cal, sílice, influye positivamente en la mejora de la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales”.

El método de investigación utilizado es el método científico, siendo el tipo de investigación aplicada, con un nivel de investigación descriptivo - explicativo, con una población conformada por 48 probetas de concreto y una muestra hecha por muestreo que consta de 48 probetas de concreto, teniendo como diseño de investigación el experimental – transversal.

La investigación se concluye verificando que el 7% de vidrio de sosa, cal y sílice, dosificado e incorporado a la mezcla de un concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, influye positivamente en la mejora de su resistencia, elevándolo hasta un $F'c=342\text{kg/cm}^2$, siendo de esta manera dicho porcentaje de dosificación el más óptimo encontrado. Haciendo posible utilizar ese concreto en otros elementos estructurales que demanden más resistencia a la compresión axial y la compresión por tracción diametral.

PALABRAS CLAVES: Vidrio de sosa, cal y sílice, elementos estructurales, resistencia del concreto.

ABSTRACT

This thesis should solve the general problem What is the influence of incorporating glass of soda, lime and silica, in the concrete strength $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$, to evaluate its performance in structural elements ?, having as a general objective " Determine the influence by incorporating glass of soda, lime and silica, in the concrete strength $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$, to evaluate its performance in structural elements "and the general hypothesis that should be verified is" The incorporation of soda glass, lime, silica, positively influences the improvement of concrete strength $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$, to evaluate its performance in structural elements ".

The research method used is the scientific method, being the type of applied research, with a level of descriptive - explanatory research, with a population consisting of 48 specimens of concrete and a sample made by sampling consisting of 48 specimens of concrete, having as a research design the experimental - transversal.

The investigation concludes verifying that the 7% of glass of soda, lime and silica, dosed and incorporated to the mixture of a conventional concrete $F'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$, positively influences in the improvement of its resistance, elevating it up to an $F'c = 342\text{kg} / \text{cm}^2$, this percentage of dosage being the most optimal found. Making it possible to use that concrete in other structural elements that demand more resistance to axial compression and diametral tensile compression.

KEYWORDS: soda glass, lime and silica, structural elements, concrete strength.

INTRODUCCIÓN

En el camino actual de la carrera profesional de ingeniería civil estamos comprometidos con un enfoque conciente hacia el desarrollo sostenible de nuestro Perú y del mundo, es así que al querer obtener un concreto en su estado endurecido que demuestre la mayor capacidad de resistencia a la compresión para columnas y vigas, elementos estructurales más importantes, empleando un material, el cual podamos conseguir de forma fácil, segura y sobre todo de una manera económica, aparte de los insumos que necesita una buena dosificación para la fabricación de concreto u hormigón, ha motivado la presente investigación llamada: “INFLUENCIA AL INCORPORAR VIDRIO DE SOSA, CAL Y SÍLICE EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ ”, que presenta como problema general ¿Cuál es la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, para la evaluación de su desempeño en elementos estructurales?, para ello se empleó exclusivamente este tipo de vidrio finamente molido, rescatados de la basura para su desecho, me refiero, al vidrio proveniente únicamente de fluorescentes y focos; lamentablemente no existe una cultura de reciclaje por parte de los pobladores, y es por ello que los podemos encontrar dentro y fuera de los mercados: Modelo de Huancayo, El Tambo y en el de Chilca, establecimientos que comercializan con estos productos y que los echan desmedidamente a las calles, sin tener conciencia del daño al medio ambiente que hacemos. Para este trabajo de investigación explotaremos y aprovecharemos un componente presente en este tipo de vidrio, “la sílice”, el cual al reemplazarse por porcentajes de cemento dentro de su mezcla ayuda a la obtención de un concreto con mayor resistencia a la compresión y a la tracción en elementos estructurales de toda clase. La presente tesis se desarrolló con la siguiente estructura capitular.

Capítulo I: corresponde al problema de investigación donde se hace el planteamiento, la formulación y la sistematización del problema general y los problemas específicos , mencionando la justificación metodológica y social que

contiene la investigación con sus respectivas delimitaciones y limitaciones terminando este capítulo con la formulación de los objetivos tanto el general como los específicos.

Capítulo II: corresponde al marco teórico de la investigación mencionando los antecedentes internacionales y nacionales que se recopila para sus sustento, profundizando de manera clara en un marco conceptual dedicado al tema de investigación, definiendo los términos para su comprensión más rápida, planteándonos la hipótesis general y las específicas para validarlas en su proceso. De esta misma forma se hace la definición conceptual y operacional de las variables, haciendo la operacionalización de las mismas de forma clara, mencionando algunas bases teóricas y la normatividad en la cual se basa esta investigación.

Capítulo III: se hace el desarrollo de la metodología de la investigación utilizada para esta tesis, mencionando el tipo y nivel de investigación, así como también el diseño de investigación, con su respectiva población y muestra, también la técnica y recopilación de datos; materiales, recursos y las fases del procedimiento de investigación.

Capítulo IV: se dedica a la presentación de los resultados tanto específicos como el general.

Capítulo V: se dedica a la discusión de los resultados, tanto específicas como la general, se desarrolla las conclusiones específicas y la general de la tesis, sus recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I:

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema:

Se puede definir el cemento, como un material conglomerante, que es utilizado para la elaboración de concreto u hormigón. Pudiendo afirmar, que el concreto es un material presente en nuestras vidas que crece conjuntamente con el crecimiento poblacional mundial. Esto quiere decir que a más personas más estructuras de concreto. En nuestra actualidad los seres humanos nos vemos en la necesidad de tener construcciones que demanden más resistencia y a su vez que tengan una vista estética increíble, pero el costo en algunos casos elevados, hace que recurramos a materiales reciclables.

SENCICO, define al concreto como un material que está constituido por una parte aglomerante y agregados, a su vez sea el caso, también por aditivos resaltando algunas de sus propiedades, volviéndose dura parecida a la piedra en su estado endurecido (SENCICO, 2014). Ideal para numerosos usos en la construcción de diversos elementos estructurales que llegan a ser obras civiles, importantes para la sociedad y su evolución. Sin embargo estas estructuras presentan defectos, por estar afectados bajo la acción de cargas vivas y muertas, induciendo a la necesidad de optimizar las propiedades del concreto con aditivos, para evitar en gran medida a dichos efectos, incrementando su calidad y obteniendo como resultado una mayor resistencia para una estructura más fuerte.

Lamentablemente, en estas épocas donde nos tocó vivir, las personas tienen una muy mala educación ambiental y social, puesto que arrojan desperdicios por doquier, incrementando la contaminación en el lugar donde viven, dentro

del cual un 9% del total de esa basura es vidrio (DIARIO LA REPUBLICA, 2013) , vidrio utilizado para hacer focos, fluorescentes, lámparas, lentes, botellas, entre otros.

Por tal motivo se necesita concientizar a la sociedad, el reciclaje de este tipo de vidrio y emplearlo en otras situaciones y destinos, como en el ámbito de la construcción, y de esta manera reducir el impacto ambiental que generamos.

El profesor Soroushian de la universidad de Michigan (MSU), hizo investigaciones, reutilizando el vidrio en la mezcla de un concreto, como un ingrediente más, aparte de los ya conocidos, dándole como resultado un nuevo tipo de concreto, más resistente y más durable. Este material de concreto más vidrio, fue puesto a prueba en diferentes obras de su universidad en los Estados Unidos, con muy buenos resultados positivos hasta ahora (SOROUSHIAN, 2012).

En su estudio el profesor Soroushian, sustituye el cemento en un 20% cada metro cubico y lo reemplaza por vidrio reciclado molido, ocasionando un ahorro del cemento. Al mismo tiempo elimina el vidrio que termina contaminando el medio ambiente, estando expuestos en las calles, disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono, debido a las altas temperaturas que necesita la fabricación del cemento.

1.2. Formulación y sistematización del problema:

Problema general:

¿Cuál es la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales?

Problemas específicos:

- a) ¿Cuáles son los parámetros del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice?
- b) ¿Cuál es el comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa cal, y sílice en diferentes dosificaciones?
- c) ¿Cuáles serán los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, frente a los resultados de resistencia del concreto con la incorporación de vidrio de sosa cal, y sílice en diferentes dosificaciones?

1.3. Justificación:

Justificación metodológica.

Este trabajo de investigación cuenta con una justificación metodológica, ya que el uso de las técnicas, e instrumentos de esta tesis pueden servir como punto de partida para otras investigaciones similares. En la presente tesis se hará uso de fichas de evaluación, que contienen datos reales y exactos,

certificados por tres distintos laboratorios dentro de la ciudad de Huancayo, pudiendo servir como punto de referencia para otro tipo de investigaciones.

Justificación social.

Este trabajo de investigación cuenta con una justificación social, puesto que resuelve problemas inmediatos en una obra de ingeniería, contribuyendo positivamente a la sociedad en donde se aproveche y utilice dicha estructura.

Justificación ambiental.

Este trabajo de investigación cuenta también con una justificación ambiental, puesto que al reciclar el vidrio de sosa, cal y sílice, que los pobladores desechan de manera desmedida a las calles, se contribuye positivamente con la descontaminación parcial del medio ambiente donde vivimos, hasta llegar a concientizar a los pobladores a que tengan una cultura de reciclaje de productos que afectan y dañan nuestro medio ambiente donde nos desenvolvemos.

1.4. Delimitación.

Espacial:

Departamento : Junín
Provincia : Huancayo
Distrito ; El Tambo
Laboratorios : Multiproyectos Full Calidad E.I.R.L.
(Jr. Huáscar N° 230 – El Tambo.)
: Dosed ingeniería y construcción.
(Jr. Aguirre morales N° 562 – El Tambo.)
: Govil Concreto Premezclado.
(Jr. Don Bosco n° 569 – San Carlos.)

Temporal:

Este trabajo de investigación está delimitada para el año 2017 entre los meses de enero a diciembre.

Económico:

Todos los costos que involucra la tesis serán asumidos por el investigador.

1.5. Limitaciones.**Técnicas:**

El presente trabajo de investigación tuvo limitaciones técnicas, como encontrar en la ciudad de Huancayo laboratorios certificados y calificados por el I.N.A.C.A.L. (Instituto Nacional de Calidad) para los respectivos ensayos utilizados como son los de compresión axial y por tracción diametral del concreto endurecido, motivo por el cual se hizo la experimentación en tres diferentes laboratorios para contrastar sus resultados y volverlos más confiables.

Información:

La bibliografía de apoyo para esta tesis fue limitada, puesto que no existen investigaciones profundas sobre el tema de la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla del concreto fresco, con la finalidad de darle mejores condiciones a su desempeño en su estado endurecido dentro de la construcción.

1.6. Objetivos de la investigación:

Objetivo general:

Determinar la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales.

Objetivos específicos:

- a) Determinar los parámetros del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice.
- b) Analizar el comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones.
- c) Evaluar los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, frente a los resultados de resistencia del concreto con la incorporación de vidrio de sosa cal y sílice en diferentes dosificaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes:

Internacionales:

- 1. Artículo científico, Evaluación Del Desempeño De Un Hormigón Con Incorporación De Vidrio Reciclado Finamente Molido En Reemplazo De Cemento Mediante Ensayos De Laboratorio, M. Rodríguez y M. Ruiz, 2016, Empresa Constructora Córdoba, Argentina - Universidad Nacional De Córdoba (Unc), Argentina - Facultad De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales - Departamento De Estructuras.**

Se evidencia que la producción de desechos en las grandes ciudades es un problema que ha conducido a la realización de una serie de estudios tendientes al aprovechamiento de los residuos. Entre los residuos urbanos más comunes se encuentra el vidrio. Este material puede reciclarse para la fabricación de nuevos envases y vajilla aunque la dificultad para transportar el vidrio de desecho desde el sitio donde se genera hacia las cristalerías que lo reciclan sugiere la posibilidad de buscar disposiciones alternativas para este material. Una de estas alternativas es integrarlo a algún proceso productivo como la fabricación de hormigón en reemplazo parcial del cemento de la mezcla.

En el presente trabajo se analizó cómo afecta la incorporación de vidrio de desecho finamente molido la resistencia del hormigón y la reacción álcali-sílice de la mezcla. Siguiendo los estudios disponibles en la literatura se llevaron a cabo mezclas con distintos porcentajes de reemplazo de cemento. Los primeros resultados de este estudio, que aún

se encuentra en ejecución, indican que el vidrio molido, en el tamaño utilizado, se comporta como una puzolana. Aunque el reemplazo de parte del cemento en la mezcla reduce su resistencia en edades tempranas, en comparación con mezclas sin vidrio, su resistencia es mayor a las esperadas para mezclas con igual contenido de cemento. Se encontró además que el vidrio inhibe significativamente la reacción álcali sílice, aun cuando se utilizan áridos reactivos y que la reducción de resistencia referida anteriormente no es significativa para edades avanzadas. (RUIZ, 2016)

2. Tesis, Comportamiento Mecánico Del Hormigón Reforzado Con Fibra De Vidrio, Muñoz Álvarez Carolina Joseline, 2007, Universidad Austral De Chile – Faculta De Ciencias De La Ingeniería – Escuela De Construcción Civil.

Esta tesis de grado expone la incorporación de fibras de vidrio, y como puede influir en la mezcla de concreto, con la finalidad de evaluar sus propiedades mecánicas. Esta investigación se hizo comparando una probeta madre o patrón con otras probetas cilíndricas de concreto, con la incorporación de diferentes porcentajes de fibra de vidrio en su mezcla, sometiéndolas a ensayos de docilidad, resistencia a la compresión y la resistencia a la flexotracción.

Según la conclusiones de la tesista, la incorporación de 1.5% de fibra de vidrio a la mezcla de concreto, han favorecido a su resistencia mecánica

La tesista señala en su estudio que esta técnica también ha sido utilizada en la fabricación de adobes de barro, que eran armados de paja por los antiguos egipcios, mientras que en la cultura romana usaban el pelo del caballo (crin), y de las cabras para emplearlos en morteros. En 1898

hasta nuestros días se usa un material llamado amianto, usado con el fin de producir adobes en Chile.

Existe un material llamado GRC (Glass Reinforced Concrete), caso específico de un material que cuenta con refuerzo de fibra de vidrio, obteniendo buenos resultados ya que su instalación es fácil y tienen poco peso, también el refuerzo de fibra de vidrio en el concreto ha tenido resultados sobresalientes en morteros de áridos finos, empleados en paneles antirruído y de fachadas de edificaciones (JOSELINE, 2007)

Nacionales:

1. Tesis, Influencia del porcentaje vidrio sódico cálcico adicionando sobre la resistencia a la compresión al ataque por cloruros y trabajabilidad en la fabricación del concreto convencional para el sector construcción, Universidad Nacional de Trujillo Facultad de Ingeniería – Escuela de Ingeniería de materiales

En esta tesis se fabricó un concreto convencional con cemento Pacasmayo tipo I, con el fin de estudiar la influencia que tiene el vidrio sódico cálcico sobre el concreto, añadiendo porcentajes a su mezcla, frente a la trabajabilidad de la misma, resistencia a la compresión en su estado endurecido y al ataque de cloruros, cabe señalar que el tesista añadió un aditivo plastificante “Sika” plastiment HE 98 al 0.4%.

Con porcentajes del 4%, 8%, 12%, 16% en adición al cemento, el tesista comenzó hacer este estudio, con el fin de concluir cuanto de vidrio sódico cálcico, tamizado por la malla N° 325, se debe añadir al diseño de mezcla del concreto convencional, para ello hizo ensayos de trabajabilidad (norma ASTM C - 143), a las probetas que fueron fabricadas según la norma ASTM C - 31, para después ser sometidas a ensayos de

compresión a 28 y 90 días de edad de curado, al mismo tiempo fabrico probetas paralelepípedas (norma ASTM G – 109), para ser expuestas al ataque de cloruros en una solución de NaCl al 3%.

Los resultados que obtuvo el tesista nos indica que en las pruebas de trabajabilidad que hizo, el 4% de adición de vidrio sódico cálcico, resulto con mejor fluidez a comparación con los otros porcentajes, de la misma manera en las pruebas de resistencia a la compresión, alcanzó una mayor resistencia de 221.551 Kg-f/cm² y 288.891 Kg-f/cm² respectivamente, a las edades de 28 y 90 días de curado, con el mismo porcentaje de vidrio sódico cálcico, de mismo modo este mismo porcentaje, mostro mejores condiciones al ataque de cloruros debido a que no exhibió corrosión en los aceros de refuerzo (TRUJILLO, 2014)

2. Tesis, Estudio Experimental Para Incrementar La Resistencia De Un Concreto De F'c=210 Kg/Cm² Adicionando Un Porcentaje De Vidrio Sódico Cálcico, Rojas Luján José Frank, 2015, Universidad Privada Antenor Orrego - Facultad De Ingeniería - Escuela Profesional De Ingeniería Civil.

En esta tesis, se analiza la resistencia a la compresión de un concreto F'c=210Kg/cm², añadiendo porcentajes de vidrio sódico cálcico a su mezcla, cabe señalar que el tesista utilizo cemento fortimax para su estudio.

En primer lugar se define las características mecánicas de los agregados para luego dar paso al diseño de mezcla por el método ACI, después se efectuaron ensayos de compresión a probetas cilíndricas en diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días, para luego ser analizadas mediante gráficos y cuadros (FRANK, 2015)

3. Tesis, Influencia Del Nanosílice En El Concreto Con Agregado Angular Y Agregado Redondeado, Klaus Andrés Loayza Puma, 2017, Universidad Nacional De San Agustín – Arequipa – Perú.

La presente tesis hace el estudio de la influencia del “Nanosílice AGUA 840”, en un concreto con agregado angular y otro con agregado redondeado de ½”, en su tamaño nominal. También el comportamiento en estado fresco y endurecido del concreto, en probetas cilíndricas preparada con cemento tipo I, con una relación de agua / cemento igual a 0.4, y teniendo en cuenta que se usa 0.5%; 1%; y 1.2%, como dosificación del “Nanosílice AGUA 840”, para ser añadida a la mezcla de concreto, y luego ser compradas con una probeta madre sin la adición de dichas dosificaciones, con ensayos de compresión.

4. Trabajo de suficiencia profesional, Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, Luis Miguel Pacheco Flores, 2017, Universidad José Carlos Mariátegui – Moquegua – Perú.

La presente tesis tuvo como meta principal el estudiar y determinar las propiedades del concreto, una breve descripción de los materiales con lo que se elaboró el mismo, el desarrollo teórico de las propiedades del concreto y un ejemplo práctico. Lo que se buscó con el ejemplo práctico fue evidenciar las propiedades del concreto, y corroborar los datos del diseño con el que fue elaborado. Mediante la ejecución de los ensayos a los agregados fueron determinadas las propiedades físicas de estos, que fueron necesarios para elaborar el diseño del concreto y así poder determinar sus propiedades. Los ensayos realizados al concreto fresco fueron dos debido a la disponibilidad de instrumentos, ellos fueron, la determinación del asentamiento y la determinación del peso unitario fresco. Y finalmente, el ensayo al concreto endurecido fue el de resistencia a la compresión. Estos ensayos fueron realizados en el

laboratorio de suelos, concreto y materiales de construcción de la Universidad José Carlos Mariátegui, y para ello se utilizaron los equipos con los que cuenta actualmente la Universidad.

2.2. Marco conceptual:

El cemento portland:

Conglomerante que al mezclarse con áridos (agregados grueso y fino) más el agua, tiene como principal propiedad el de formar una masa pétreo resistente y duradera, parecida a la piedra, llamada hormigón. Siendo el material más vendido y consumido en el mundo después del agua.

El cemento Portland, patentado por J. Aspdin en 1824, y llamado Portland por su similitud a las rocas que pulula en esa parte de Inglaterra. La piedra caliza más la arcilla se calienta a 1300 °C, en gigantescos hornos giratorios que se encuentran algo inclinados y que tienen las siguientes medidas: 3m en su diámetro y 100 m de largo aproximadamente. Moliendo finamente el material denominado “Clinker” conjuntamente con 2% a 3% de yeso, para esquivar un fraguado rápido y casi al instante.

Los compuestos del cemento así formado son:

Tabla 1. Componentes del cemento

Nombre	Porcentaje
Silicato dicalcico	32%
Silicato tricalcico	40%
Aluminio tricalcico	10%
Ferroaluminio tetracalcico	9%
Sulfato de calcio	2% – 3%

Fuente: Elaboracion propia.

Fraguado del cemento:

Transformación química donde el cemento consigue una dureza como la piedra, que se produce al reaccionar con el agua, provocando hidrataciones y recombinaciones en sus moléculas. El fraguado se produce en dos etapas:

- **Fraguado:** Dura dentro de las 15 horas, donde la mezcla plástica se adueña de un estado rígido.
- **Endurecimiento:** Donde la mezcla solida incrementa su dureza y resistencia mecánica. La resistencia se adquiere en diferentes edades de curado.

Efecto de la adición de Yeso

El yeso retarda el fraguado inicial del cemento, de molerse el Clinker sin yeso el cemento fraguaría instantáneamente.

En el proceso de fabricación de un cemento, el yeso no debe de pasar del 3% de adición, porque si no, se dilata dentro del cemento fraguado produciendo fisuras.

Tipos de Cemento Portland

Tipo I:

Cemento normal, aprovechado obras civiles que no soliciten ventaja en algunas de sus propiedades especiales. Fabricado mediante la molienda de Clinker con yeso. Alcanzando mayores resistencias a edades más tempranas y menores tiempos de fraguado.

Tipo II:

Tiene una resistencia media, se usa en construcciones que están en contacto con sulfatos, por ejemplo en tuberías de hormigón y en puentes.

Tipo III:

Cemento que a los 3 días ya alcanza una alta resistencia a la compresión, comparable con los cementos tipo I y II a sus 7 días. Ideal para elementos prefabricados o construcciones de emergencia, las cuales reciban cargas muy pronto.

Tipo IV:

Su aplicación está en la construcción de estructuras civiles muy grandes como los diques, que necesitan bajo calor de hidratación.

Tipo V:

Para elementos que estén bajo la acción de sulfatos y álcalis, como en cloacas o desagües y en la construcción de puertos pesqueros.

El concreto

Producto artificial que tiene como componentes a los agregados finos, agregados gruesos, cemento y agua, y por aditivos que son necesarios para dotarlo de una peculiaridad puntual.

“En estos tiempos, el concreto es el componente utilizado en la construcción que ayer uso tiene e increíblemente es la segunda sustancia más consumida en la en el mundo después del agua” (DISCOVERYMAX, 2006). Aun así se desconocen varios de sus aspectos y de sus propiedades, por tal razón su uso se hace limitado; que nos fuerza a la investigación para lograr un concreto con sus máximas capacidades como material.

- Cemento + agua = pasta.
- Pasta + agregado fino + agregado grueso = concreto.
- Concreto + acero = concreto armado.

Tipos de Concreto

Concreto simple

Es la combinación de la pasta de cemento (cemento portland + agua) y agregados (fino y grueso). La unión de estos debe de cumplir ciertos requisitos para que el producto final sea de calidad, los cuales son: la pasta de cemento debe de enrollar y forrar a todas las partículas del agregado grueso, mientras que la principal función del agregado fino es la de rellenar los espacios que quedaron vacíos, estando cubierto de la misma forma que el agregado grueso por la pasta de cemento.

Concreto armado

Intervienen los aceros corrugados como un esqueleto u armazón en el interior de un concreto simple, dicho material que se suma es destinado a soportar las cargas de tracción.

Concreto estructural.

Al momento de que el concreto cumpla las especificaciones técnicas y los cálculos que garanticen la resistencia adecuada mínima establecida en ellos, podemos decir que es un concreto estructural.

Ventajas Del Concreto

- Buen desempeño a la compresión en su estado endurecido.
- Toma la forma de cualquier elemento estructural previamente diseñado y encofrado.
- Soporta de manera sobresaliente los climas y los incendios.
- Son económicos.

Desventajas Del Concreto

- Cuando se prepara in-situ y no existe un responsable con conocimientos científicos en su producción, el control de calidad se vuelve deficiente.
- La resistencia a la tracción y/o flexión es baja a comparación con su resistencia a la compresión, es por tal motivo que se produce un concreto armado y estructural, para todas las obras civiles.

Primordiales atributos del concreto

En su estado fresco:

- Es trabajable.
- Tiene consistencia.
- Tiene compacidad.
- Se segrega.
- Exuda.
- se contrae.

Y en su estado endurecido:

- Alcanza buena resistencia mecánica.
- Tiene durabilidad.
- Con aditivos alcanza ser impermeable.

- Tiene estabilidad volumétrica.
- Es elástico.

Trabajabilidad o manejabilidad del concreto

La principal propiedad en su estado fresco, que. Según el (comité ACI 116) “Es aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado”. De todas maneras es puntual afirmar que solo la prueba del SLUMP es la más aceptable, porque la evaluación de la mezcla en su estado fresco es de manera directa, fácil y exacta, ya que no se ha encontrado otra manera más confiable para poder medir con más precisión la trabajabilidad del concreto.

Resistencia mecánica

En términos generales, la resistencia mecánica, que potencialmente puede desarrollar el concreto, depende de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento endurecida, así como, de la adherencia que se produce en ambos materiales. La proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia.

Si partículas de los agregados son duras y resistentes, la resistencia mecánica del concreto tiende a ser gobernada por la resistencia de la pasta de cemento y/o por la adherencia de esta con los agregados. Por lo contrario si los agregados son débiles, la resistencia de estos se convierte en una limitación para la obtención de altas resistencias.

Los agregados para el concreto

Figuran como ingrediente granular, y hacen el 70% - 80%, del peso del concreto, por este caso todas sus características y/o propiedades son decisivas para obtener un concreto de calidad

Debemos de darnos cuenta, que existen propiedades del concreto las cuales se deben de destacar, y priorizar, tales como: la trabajabilidad, su resistencia, su durabilidad y lo económico que pueda resultar su producción.



Figura 1. Cantera Baltazar, Pilcomayo – Huancayo – Perú. Fuente: Elaboración propia.

Tipos de agregados según su tamaño.

Agregado Fino:

Todo material que se filtra en un 100% por el tamiz de 3/8. Aquellos que están dispersos entre los tamices N° 4 y N°200, y son:

- Arenas gruesas: Tamaños de fracción de su grano entre los tamices N°4 y N°10 y con un módulo de fineza > 3.0
- Arenas medias: Tamaños de fracción de su grano entre los tamices N°10 y N°40 y con un módulo de fineza = 2.5
- Arenas finas: Con tamaños de fracción de su grano entre los tamices N°40 y N°200 y con un módulo de fineza < 2.0.

Para agregado fino.

Tenemos que hablar del módulo de fineza que se necesita para la producción de concreto bueno y de calidad, el valor de este parámetro debe de estar entre 2, 3 y 3.1, en lo recomendable, lo cual nos señala, que debe de tomar el nombre de una arena fina si el valor es menor a 2, el de una arena fina – media cuando su valor es de 2.5 y una arena gruesa cuando su valor excede a 3.

Módulo de fineza

Nos da una idea del grosor o finura del agregado, por eso se prefiere manejar el termino de Modulo de Fineza.

El módulo de fineza se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices y dividiendo la suma entre 100.

Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de fineza son: No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No, 8, No. 4, $\frac{3}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ ", 3" y de 6"

El agregado fino representa el 35% al 45% por masa o volumen total del agregado.

Agregado Grueso

Son aquellos materiales retenidos por el tamiz n°4, y se obtienen a través de la explotación en canteras, estos son cortados para darle la forma y el tamaño requeridos.

Para agregado grueso.

Tamaño máximo (TMN)

Este es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 5% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos.

Porcentaje de absorción y humedad en los agregados del diseño de mezclas

Metas para esta investigación.

- Calcular la densidad y absorción de una muestra de agregado (fino y grueso), de esa manera saber si cumple con los requerimientos para la elaboración del diseño de mezcla.
- Precisar el tipo de agregado (fino y grueso) para la elaboración de un buen diseño de mezcla.
- Ver la importancia y cómo influye la densidad y absorción que tienen los agregados en una mezcla de concreto.

Absorción de los agregados:

Debido al agua, la masa incrementa en el agregado, entrando en los poros del material, no se incluye el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas. El agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada.

Requisitos de uso para los agregados:

Agregado grueso

Las partículas deben estar limpias, libres de toda sustancia dañina como tierra, polvo, limo, humus, escamas, materia orgánica, sales, etc.

- El agregado grueso deberá de ser de perfil angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes, y de textura rugosa.
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan estos porcentajes como máximo:
 - ✓ Partículas frágiles: 5%
 - ✓ Material más fino que la malla #200: 1%
 - ✓ Carbón y lignito: 0.5%

Agregado fino

- El agregado fino debe de ser de arena natural, con partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.

- también deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales
- Se recomienda que las sustancias dañinas no excedan estos porcentajes como máximo:
 - ✓ Partículas frágiles: 3%
 - ✓ Material más fino que la malla #200: 5%

Pasta de cemento

Es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación que comprende cuatro elementos fundamentales:

- El gel, nombre con el que se le conoce al producto final de la reacción química e hidratación del cemento.
- Los poros incluidos en ella.
- El cemento hidratado, si lo hay.
- Los cristales de Hidróxido de calcio, o cal libre que pueden haberse formado durante la hidratación del cemento.

Aditivo

Para mejorar algunas de las propiedades que tiene el concreto se utilizan los aditivos que son añadidos a sus componentes fundamentales, que pueden ser aditivos orgánicos e inorgánicos, estos modifican de forma intencionada algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto. Existen varios casos, en que la única alternativa de solución técnica y eficiente es el uso de aditivos.

En nuestro país, no es normal el uso de aditivos, por la creencia generalizada que son costosos y que no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria; pero si se hace un estudio detallado, la economía en mano de obra, horas de operación y mantenimiento, más la reducción de lazos de ejecución de las labores, mayor vida útil de las estructuras etc., se concluye que dicho costo extra es sólo aparente en la mayoría de los casos, frente a la gran cantidad de beneficios que se obtienen.

En las zonas de la Sierra del Perú, es necesario el empleo de aditivos incorporadores de aire y acelerantes de fraguado para no dar pase a estos efectos, puesto que en nuestras zonas, se producen ciclos de hielo y deshielo, así como alternancias de temperatura que inducen fases de clima cálido y frío en un tiempo corto, En la costa con ciudades y pueblos aledaños, se exige el uso de reductores de agua que hagan que el concreto sea más impermeable y durable contra la corrosión de las armaduras. En la Selva, el empleo de agregados de la localidad es un reto para el desarrollo de soluciones técnicas regionales, donde la gran cantidad de resina vegetales disponibles, ofrece un campo ideal para la investigación y el desarrollo de aditivos que pudieran colaborar en resolver problemas en esta zona de nuestro Perú.

Clasificación de los aditivos para concreto

Los aditivos se pueden clasificar según sus funciones en:

- para mejorar la trabajabilidad
- para mejorar la adherencia
- a prueba de humedad
- impermeabilizantes
- para lechadas
- formadores de gas

- anti-deslave
- auxiliares de bombeo
- expansor
- germicida

Tipos de aditivos

Según la norma ASTM 494 son los siguientes:

- Tipo A Reductor de agua
- Tipo B Retardantes
- Tipo C Acelerante de fraguado inicial
- Tipo C2 Acelerante de resistencia
- Tipo D Reductor de agua y retardantes
- Tipo E Reductor de agua y acelerante
- Tipo F Reductor de agua de alto rango
- Tipo G Reductor de agua de alto rango y retardantes
- Tipo F2 Superplastificante
- Tipo G2 Superplastificante y retardantes
- Tipo AA Inclusor de aire

Vidrio Sódico

Formado principalmente por sílice, sodio y calcio. La sílice es parte fundamental del vidrio, el sodio le da la facilidad de fusión y el calcio le brinda la estabilidad química. Por ejemplo sin el calcio el vidrio sería soluble hasta en agua y no serviría para nada, es decir una ventana se deshiciera dentro del agua. Este tipo de vidrio es el más común, barato y se funde con mayor facilidad.

a. Vidrio de sílice pura.

- ***SiO₂: 99.5% +***

Usado para la fabricación de espejos ligeros, telescopios transportados por satélites, reflectores de rayos láser, crisoles especiales, cristales sencillos puros de sílice para transistores y como tamiz molecular que deja pasar el hidrogeno y el helio.

b. Vidrio de 96 % de sílice.

- ***SiO₂: 96%***
- ***B₂O₃: 3%***

Usado principalmente para la fabricación de conos de nariz de los misiles, lunas de las ventanas de los vehículos espaciales y de túneles aerodinámicos y algunos artículos de vidrio para laboratorio en donde se necesita una resistencia especial al calor, como sistemas ópticos en dispositivos espectrofotométricos.

c. Vidrio de sosa, cal y sílice.

- ***SiO₂: 70 - 75 %***
- ***Na₂O: 15 %***
- ***CaO: 10 %***

En su más alto porcentaje de sílice, 75%, es para ser utilizado en la fabricación de vidrios para fluorescentes, focos, bombillas eléctricas, etc. y en su menor porcentaje de sílice, menores a 70%, para productos

ligeros que no necesiten una alta resistencia química o al calor, como ventanas, frascos, envases de líquidos consumibles, espejos, etc.

Composición del vidrio de fluorescentes y focos:

Tabla 2. Composición del vidrio de fluorescentes y focos para el estudio.

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

Fuente: Elaboración propia.

d. Vidrio de plomo, álcali y silicato.

- **SiO₂: 30 – 70 %**
- **PbO: 18 – 65 %**
- **Na₂O y/o K₂O: 5 - 20 %**

Se usan en la fabricación de tubos de termómetros, piezas de lámparas eléctricas y tubos de anuncios de neón. Tienen gran densidad y son para proteger de la radiación de alta energía y para ventanas de radiación – absorben los rayos X, carcasas de lámparas fluorescentes y lámparas de televisión. El principal inconveniente que presentan estos vidrios es el de ser más blandos que los de sodio y calcio.

Peso unitario de los agregados fino y grueso.

El peso unitario es el peso de la unidad de volumen de material a granel. Es el ensayo que se le realiza tanto al agregado y al grueso, valor que es expresado en Kg/cm³, es empleado como parámetro para la dosificación de hormigones.

Estos ensayos y sus parámetros son de suma importancia antes de realizar un diseño de mezcla de concreto de calidad.

En este trabajo de investigación se realizó estos ensayos para determinar el contenido de humedad, el peso unitario suelto (PUS.) y peso unitario compactado (PUC.), donde nos apoyaremos de las siguientes normas: NTP 400.017, ASTM C-29, MTC E203 siguiendo los indicativos de la misma. Para conocer que el material cumplan con las especificaciones de las normas utilizadas.

Peso unitario suelto:

La llamaremos P.U.S., para determinarla se coloca el material seco en el recipiente hasta pasar el punto de derrame y luego se nivela a ras con una varilla.

El concepto P.U.S. es importante para tratar sobre el manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usa para conocer el consumo de áridos por metro cubico de hormigón.

Peso unitario compactado:

La llamaremos P.U.C. cuando los granos son sometidos a compactación aumentando valor de la masa unitaria debido al grado de acomodamiento de las partículas del agregado.

El P.U.C. es importante, ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados, donde estos estarán sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del hormigón en obra.

Este valor se usara para tener conocimiento sobre los volúmenes de materiales apilados, que estén sujetos a acomodamiento provocados por el transito sobre ellos o por acción del tiempo, así como también para el cálculo del porcentaje de vacío de los materiales

Porcentajes de absorción y humedad de los agregados fino y grueso

Una de las propiedades físicas de los agregados, se llama peso específico y por la relación que existe entre el peso y el volumen de una masa determinada, lo que hace llegara a la conclusión que depende directamente de las características del grano del agregado

Para determinar la cantidad de agregado requerido para un volumen unitario de concreto, factor importante para el diseño de mezcla, debido a que los poros porque el agua se aloja dentro de los poros saturables el valor del peso específico de la roca madre varía entre 2.48 y 2.8 kg/cm³. Y más importante a que los poros interiores de las partículas de agregado van a ocupar un volumen dentro de la masa de concreto.

Para poder hallarla nos apoyaremos en las NTP 400.021 y MTC E 206 – 2000 peso específico y absorción del agregado grueso y en la NTP 400.022 y MTC E 205 – 200 gravedad específica y absorción del agregado fino

Existen tres tipos de pesos específicos las cuales están basadas en la relación entre la masa (en el aire) y el volumen del material:

Peso específico de masa:

Es la relación entre la masa, en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura establecida y los poros no saturables.

Peso específico aparente:

Es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura establecida y los poros saturables y no saturables, pero sin incluir los vacíos entre las partículas

Peso específico de la masa saturada superficialmente seca:

Es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, después de meterla en agua durante 24 horas, pero sin incluir los vacíos entre las partículas, comparado con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura establecida.

Absorción:

Aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, donde no se incluye el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas.

Probeta de concreto

Son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizan en moldes metálicos cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura rígidos.

Es la manera práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las edificaciones.

Relación agua/cemento (a/c)

Constituye un parámetro importante de la composición final del hormigón que influye directamente en la durabilidad y la retracción del hormigón, pero principalmente en su resistencia a la compresión.

Es el valor característico que también determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida, siendo el cociente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el hormigón fresco.

SLUMP

Tiene que ver con las propiedades de trabajabilidad y manejabilidad del concreto fresco, y se refiere a lo fácil que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado, y terminado sin que pierda su homogeneidad, exude y se segregue.

El grado de trabajabilidad apropiado por cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado.

En un método indirecto para determinar la trabajabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de “asentamiento con el cono de Abrams o SLUMP, es útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones determinadas.

El molde para la prueba del SLUMP, es un tronco de cono de 10 cm de diámetro menor, 20 cm de diámetro mayor y 30 cm de altura; el tronco de cono se humedece y se coloca en una superficie rígida, plana y húmeda y no absorbente, con la abertura más pequeña hacia arriba.



Figura 2. Ensayo de asentamiento del concreto, prueba del SLUMP. Fuente: Elaboración propia.

Se llena la mezcla en tres capas de un tercio del volumen del molde cada una, apisonando cada capa 25 veces con una varilla lisa de 16 mm de diámetro, 600 mm de longitud y con la punta redondeada, luego una vez compactada la última capa, la superficie superior se alisa a ras, después, se levanta lentamente el cono sin producir giro o torsión. Al faltarle apoyo, el

concreto se asentara o revendrá. La disminución de la altura en la parte superior se llama asentamiento y se mide con una aproximación de 5 mm, de asentarse uniformemente el cono, en su lugar la mitad se desliza en un plano inclinado, se dice que es un asentamiento por corte, y la prueba deberá ser hecha nuevamente.

Factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son:

- a. El método y la duración del transporte
- b. Cantidad y características de los materiales cementantes
- c. Consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento)
- d. Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos
- e. Aire incluido (aire incorporado)
- f. Cantidad de agua
- g. Temperatura del concreto y del aire
- h. Aditivos.

Tabla 3. Valores de asentamiento recomendados para concretos de diferentes grados de trabajabilidad y manejabilidad, según el tipo de obra y condiciones de colocación.

Consistencia	SLUMP (mm)	SLUMP (“)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0 – 20	0 – 0.8	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta, concretos de protección neumática (lanzados)	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión.
Seca	20 – 35	0.8 – 1.4	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratorias	Secciones sujetas a vibración intensa.
Semiseca	35 – 50	1.4 – 2	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas. Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media plástica	50 – 100	2 – 4	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones reforzadas.	Colocación manual	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Húmeda	100 – 150	4 – 6	Elementos estructurales, esbeltos o muy reforzados	bombeo	Secciones bastante reforzadas con vibración.
Muy húmeda	150 – 200	6 – 8	Elementos esbeltos, pilotes fundidos “in situ”	Tubo embudo tremie	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Súper fluida	Más de 200	Más de 8	Elementos muy esbeltos	Autonivelante autocompactante	Secciones simplemente reforzadas con vibración, y normalmente no adecuadas para vibrarse

Fuente: Ing. Gerardo A. Rivera L., en su libro *Tecnología del Concreto y Mortero, Concreto Simple*.

Es importante tener cuenta que dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente trabajables. Para que ello sea así, deben tener además el mismo grado de plasticidad, esta propiedad debe observarse durante el ensayo, al golpear lateralmente el cono lleno de concreto fresco con el chipote o martillo de goma. Una mezcla plástica se asentara sin cambiar de manera brusca en su forma, a diferencia de una mezcla poco plástica se derrumbara llegando a desmenuzarse.

Método de dosificación A.C.I. del concreto:

El método del American Concrete Institute (ACI), es un método empírico que se basa en tablas, mediante las cuales se determinan las condiciones de partida y la dosificación. Los cuadros de valores que se dan en este método están basados en el empleo de cementos americanos recogidos en la norma ASTM CI 50-85.

Método en el que se parte de la resistencia que debe tener el hormigón, para este trabajo de investigación $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, siendo adecuado para cualquier tipo de obra realizada con este material.

Método que fija la relación Agua/Cemento, según predominen las razones de resistencia y durabilidad del concreto, la durabilidad está relacionada con la resistencia que ofrece el hormigón frente a acciones tanto de físicas como químicas externas.

Bases de diseño:

- Durabilidad
- Resistencia
- Trabajabilidad

Parámetros de diseño:

- Relación (A/C): gobierna la relación resistencia/trabajabilidad
- Cantidad de cemento: proporción entre pasta/áridos
- Tipo de cemento condiciones ambientales.
- Tipo de árido
- Granulometría
- Aditivos y adiciones

Métodos de dosificación:

Tabla 4. Algunos métodos de dosificación del concreto y sus usos.

Métodos de dosificación			
Empíricos		Racionales	
Prácticos		Como por ejemplos	
Ingles	ACI	Faury	Valette
Basados en la investigación experimental		granulométrico	Se confecciona hormigón experimental en laboratorio

Fuente: Apuntes De La Asignatura: Caminos, canales y puentes de la Universidad Da Coruña – España.

Pasos para la dosificación por el método ACI:

Dosificación que considera nueve pasos para, donde está incluido el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

- a. Paso número uno que contempla la selección del revenimiento (SLUMP), cuando no se especifica, el ACI incluye una tabla donde se recomiendan diferentes valores de SLUMP de acuerdo al tipo de construcción para destinar la mezcla. Valores aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto.

- b. El paso número dos es la elección del tamaño máximo del agregado. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, teniendo en cuenta una trabajabilidad adecuada (SLUMP). La cantidad de agua para producir algún revenimiento depende del tamaño máximo, de la forma y granulometría de los agregados.

- c. El informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables, todo esto en función del revenimiento requerido y el tamaño máximo del agregado, estas tablas consideran un concreto con y sin aire incluido.

- d. El ACI nos brinda una tabla con valores de relación agua/cemento acorde con la resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado o la edad que se requiera. En una segunda tabla aparecen los valores de la relación agua/cemento para casos de exposición severa.

- e. El contenido de cemento es determinado con la cantidad de agua, calculada en el tercer paso y la relación agua cemento, calculada en el paso número cuatro; cuando los requisitos de durabilidad lo especifiquen o se requiera un contenido mínimo de cemento, la mezcla se debe basar en un criterio que conduzca a una cantidad de mayor de cemento, este es el quinto paso del método.

- f. Para el paso número seis, se maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, valores que dependen del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

- g. Hasta el paso número seis se tienen calculados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, que su cantidad se determina por diferencia, hecho para el paso número siete.
- h. El paso número ocho consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados, es decir, humedad total menos absorción.
- i. El paso número nueve, se refiere a los ajustes a las mezclas de prueba, en las que se debe verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la trabajabilidad apropiada mediante el revenimiento y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado. Para correcciones por diferencias en el revenimiento, en el contenido de aire o en el peso unitario del concreto el informe ACI 211.1-91 proporciona una serie de recomendaciones que ajustan la mezcla de prueba para lograr las propiedades especificadas en el concreto.

Tablas utilizadas para la dosificación de un concreto por el método ACI:

TABLA 01
VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m³, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura 3. Tabla del volumen unitario de agua. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 02

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

Figura 4. Tabla del contenido de agua atrapado. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 03

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	6	7	8	9
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1 / 2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

Figura 5. Tabla del módulo de fineza de la combinación de agregados. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 04

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. { b / b_c }

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura 6. Tabla del Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 05

RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA

f _c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura 7. Tabla del Relación agua – cemento por resistencia. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 06**CONTENIDO DE AIRE INCORPORADO Y TOTAL**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Contenido de aire de total (%)		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8 "	4.5 %	6.0 %	7.5 %
1/2 "	4.0 %	5.5 %	7.0 %
3/4 "	3.5 %	5.0 %	6.5 %
1 "	3.0 %	4.5 %	6.0 %
1 1/2 "	2.5 %	4.5 %	5.5 %
2 "	2.0 %	4.0 %	5.0 %
3 "	1.5 %	3.5 %	4.5 %
6 "	1.0 %	3.0 %	4.0 %

*Figura 8. Tabla del Contenido de aire incorporado y total. Fuente: comité 211 ACI.***TABLA 07****CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION**

Condiciones de exposición	Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregados livianos
Concreto de baja permeabilidad		
(a) Expuesto a agua dulce.....	0.50	240
(b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles.....	0.45	
(c) Expuesto a la acción de aguas cloacales.....	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas		
(a) Bordines, cunetas, secciones delgadas.....	0.45	300
(b) Otros elementos	0.50	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas	0.40	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.....	0.45	300

La resistencia f'c no deberá ser menor de 245 Kg/Cm² por razones de durabilidad

Figura 9. Tabla del Condiciones especiales de exposición. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 08
PORCENTAJE DE AGREGADO FINO

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico							
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino – Módulo de Finesa de 2.3 A 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino – Módulo de Finesa de 2.6 A 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino – Módulo de Finesa de 3.0 A 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

... Los valores de la tabla corresponden a porcentajes del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

... los valores corresponden a agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.

Figura 10. Tabla del Porcentaje de agregado fino. Fuente: comité 211 ACI.

TABLA 09
VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua, expresado en L/m ³ .					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado angular	agregado redondeado	agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Los valores de esta tabla corresponden a concretos sin aire incorporado

Figura 11. Tabla del volumen unitario de agua. Fuente: comité 211 ACI.

2.3. Definición de términos:

- **Vidrio sosa, cal y sílice:** La sílice es parte de su materia prima básica, el sodio le da cierta facilidad de fusión y el calcio la provee de estabilidad química. Sin el calcio el vidrio no serviría para nada porque sería soluble en agua.
- **resistencia a la compresión:** Esfuerzo máximo de un material a la compresión sin romperse.
- **ensayo de compresión:** Ensayo que se realiza para determinar la resistencia a la compresión de una muestra de hormigón.
- **Columna:** Las columnas de concreto tienen transmiten las cargas de las losas hacia los cimientos, la principal carga que recibe es la de compresión.
- **Elementos estructurales:** es cada una de las partes diferenciadas, pero vinculadas dentro de una estructura.
- **Pasta:** mezcla del cemento con agua.
- **Aglomerante:** materiales que tienen la propiedad de poderse moldear, adherirse a otros materiales, unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables.
- **Cemento portland tipo I:** Es el cemento común, que debe cumplir con los requisitos indicados en la norma ASTM C 150.
- **Agregados:** Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.011.

- **Módulo de Fineza:** Es el tamaño de las partículas del agregado fino.
- **Agua:** El agua es un elemento indispensable en la elaboración de la mezcla de concreto ya que sirve para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades.
- **Tamizado:** es un método físico para separar dos sólidos formados por partículas de tamaño diferente.

2.4. Hipótesis:

Hipótesis general:

La incorporación de vidrio de sosa, cal, sílice, influye positivamente en la mejora de la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales.

Hipótesis específicas:

- a) Los parámetros del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, se encuentran dentro de lo establecido por la norma técnica peruana.
- b) El comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones son aceptables por la norma técnica peruana.
- c) Los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, frente al concreto con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones, serán favorables y estarán dentro de los parámetros de diseño.

2.5. Matriz causal

Tabla 5. Cuadro de la matriz causal.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	variables
¿Cuál es la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para la evaluación de su desempeño en elementos estructurales?	Determinar la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para la evaluación de su desempeño en elementos estructurales.	La incorporación de vidrio de sosa, cal, sílice, influye positivamente en la mejora de la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para la evaluación de su desempeño en elementos estructurales.	<u>Independiente:</u> Vidrio de sosa, cal y sílice
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
¿Cuáles son los parámetros del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice?	Dar a conocer los parámetros del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice.	Los parámetros del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, se encuentran dentro de lo establecido por la norma técnica peruana.	<u>Dependiente:</u> Resistencia del concreto $F'c=210\text{Kg/cm}^2$
¿Cuál es el comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa cal, y sílice en diferentes dosificaciones?	Determinar el comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones.	El comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones son aceptables por la norma técnica peruana.	
¿Cuáles serán los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, frente a los resultados de resistencia del concreto con la incorporación de vidrio de sosa cal, y sílice en diferentes dosificaciones?	Evaluar los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$, frente a los resultados de resistencia del concreto con la incorporación de vidrio de sosa cal y sílice en diferentes dosificaciones.	Los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, frente al concreto con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones, serán favorables y estarán dentro de los parámetros de diseño.	

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Variables

Definición conceptual de la variable

Tabla 6. Cuadro de la definición conceptual de las variables.

variables	Definición conceptual
<p><u>Independiente:</u></p> <p>Vidrio de sosa, cal y sílice.</p>	<p><u>Vidrio de sosa, cal y sílice:</u></p> <p>Se define como los vidrios de fabricación más corrientes y constituyen alrededor del 90% de todo el vidrio producido. Se utilizan para vidrios planos, objetos prensados y soplados y productos ligeros para los que no se precise una alta resistencia química y una alta resistencia al calor, como bombillas eléctricas.</p> <p><i>Fernández Nava María, "Los vidrios, textos universitarios", Editorial CSIC (Consejo superior de investigaciones científicas. Págs. 1-404. UNAM – México.</i></p> <p>http://studylib.es/doc/5175630/leccion-9.--vidrio--tipos-de-vidrios.-1</p>
<p><u>Dependiente:</u></p> <p>Resistencia del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.</p>	<p><u>Resistencia del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:</u></p> <p>Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Se mide fracturando probetas cilíndricas en una máquina de ensayos de compresión</p> <p><i>Información técnica: "National Ready Mixed Concrete Association", 900 Spring St., MD 20910. www.nrmca.org. En convenio con la F.I.H.P. Federación Iberoamericana Del Hormigón Premezclado.</i></p> <p>La resistencia a la compresión que requiere un determinado tipo de concreto la podemos encontrar en los planos estructurales con el símbolo: $F'c$, acompañado de un número que el ingeniero estructural siempre coloca (ejemplo: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), y que señala la resistencia que debe alcanzar el concreto a los 28 días de su elaboración en obra.</p> <p><i>Construcción de Viviendas > Aprende en Línea > Aceros Arequipa - Boletín Construyendo > Edición 17 > Norma E-060: Concreto Armado, en sus Artículos 4.12 y 4.15: Resistencia a la Compresión del Concreto.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

Definición operacional de la variable

Tabla 7. Cuadro de la definición operacional de las variables.

variables	dimensión	subdimensión	indicadores
<u>Independiente:</u>			
Vidrio de sosa, cal y sílice.	Tipos de vidrio	Vidrio de sosa, cal y sílice	% en peso
<u>Dependiente:</u>			
Resistencia del concreto $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.	Resistencia del concreto	Compresión axial	Kg/cm^2 .
		Compresión por tracción diametral	Kg/cm^2 .
	Mezcla de concreto	Trabajabilidad	Pulg.
		Dosificación	%
Componentes del concreto	agregado	Fino	Kg.
		grueso	Kg.
		Agua	Lt.
		cemento	Kg.

Fuente: Elaboración propia.

Operacionalización de las variables

Tabla 8. Cuadro de la Operacionalización de las variables.

variable	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensión	Subdimensión	Ind.
<u>Independiente:</u>	<u>Vidrio de sosa, cal y sílice:</u>			
Vidrio de sosa, cal y sílice	<p>Se define como los vidrios de fabricación más corrientes y constituyen alrededor del 90% de todo el vidrio producido. Se utilizan para vidrios planos, objetos prensados y soplados y productos ligeros para los que no se precise una alta resistencia química y una alta resistencia al calor, como bombillas eléctricas.</p> <p><i>Fernández Nava María, "Los vidrios, textos universitarios", Editorial CSIC (Consejo superior de investigaciones científicas. Págs. 1-404. UNAM – México.</i></p> <p>http://studylib.es/doc/5175630/leccion-9.--vidrio--tipos-de-vidrios.-1</p>	Tipos de vidrio	Vidrio de sosa, cal y sílice	% en peso
<u>Dependiente:</u>	<u>Resistencia del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$:</u>			
Resistencia del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.	<p>Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Se mide fracturando probetas cilíndricas en una máquina de ensayos de compresión.</p> <p><i>Información técnica: "National Ready Mixed Concrete Association", 900 Spring St., MD 20910. www.nrmca.org. En convenio con la F.I.H.P. Federación Iberoamericana Del Hormigón Premezclado.</i></p> <p>La resistencia a la compresión que requiere un determinado tipo de concreto la podemos encontrar en los planos estructurales con el símbolo: $F'c$, acompañado de un número que el ingeniero estructural siempre coloca (ejemplo: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), y que señala la resistencia que debe alcanzar el concreto a los 28 días de su elaboración en obra.</p> <p>Construcción de Viviendas > Aprende en Línea > Aceros Arequipa - Boletín Construyendo > Edición 17 > Norma E-060: Concreto Armado, en sus Artículos 4.12 y 4.15: Resistencia a la Compresión del Concreto.</p>	Resistencia del concreto	Compresión axial	Kg/cm^2
			Compresión por tracción diametral	Kg/cm^2
		Mezcla de concreto	Trabajabilidad	Pulg.
			Dosificación	% en peso
			Agregado	Fino Kg.
			o grueso	Kg.
		Componentes del concreto	agua	Lt.
			cemento	Kg.

Fuente: Elaboración propia.

2.7. Bases teóricas:

Teoría de Mohs: escalas de dureza de los minerales: (MOHS, 1822)

Fue creada por el mineralogista alemán Friedrich Mohs en 1822, para medir la relativa dureza o resistencia al rayado de diversos minerales. Él lo basa en diez minerales fáciles de conseguir. Como es una escala ordinal, usted tiene que comparar dos minerales para decidir cuál es más duro. Por ejemplo, el corindón es dos veces tan duro como el topacio, pero el diamante es casi cuatro veces tan duro como el corindón.

La escala de Mohs ordena la dureza de diez minerales en función de su capacidad para rayar o ser rayados (siguiendo el principio de que los minerales de mayor dureza rayan a los de menor dureza).

¿Cómo aplicar la escala de dureza de Mohs?

Para aplicar la escala de dureza, intenta rallar la superficie de una muestra del mineral desconocido con una muestra de un mineral de dureza conocida que se encuentra en la escala. Si la muestra desconocida no se puede rallar con un trozo de calcita (3) pero sí que se puede rallar con un trozo de fluorita (4), entonces su dureza esta entre 3 y 4. Un ejemplo de minerales con una dureza entre 3 y 4 son barita, celestina y cerusita (3 a 3.5). Se podría utilizar este test para distinguir entre calcita y barita o barita y fluorita.

Dureza	Mineral	Equivalente diario
10	Diamante	diamante sintético
9	Corindón	rubi
8	Topacio	papel abrasivo
7	Cuarzo	cuchillo de acero
6	Ortoclasa / Feldespato	cortaplumas
5	Apatito	vidrio
4	Fluorita	clavo de hierro
3	Calcita	moneda de bronce
2	Yeso	uña del dedo
1	Talco	polvos de talco

Figura 12. Escala de Mohs, dureza de los minerales. Fuente: Friedrich Mohs (1773-1839) Geólogo/Minerólogo Alemán.

Teoría del desarrollo: desarrollo sostenible: (Vasco-Euskal, 2002)

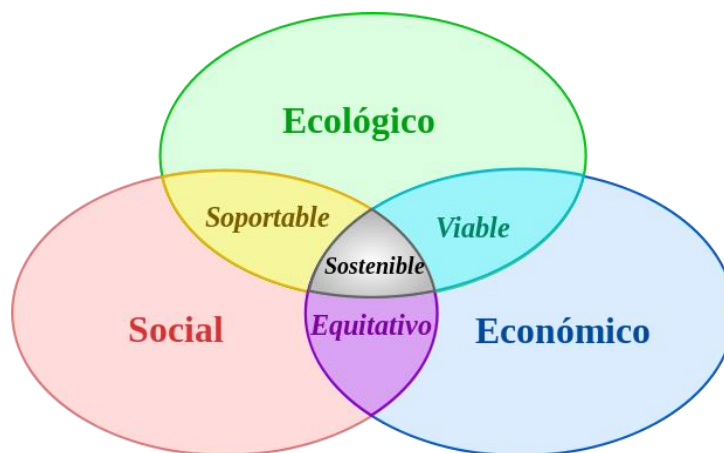


Figura 13. Desarrollo sostenible. Fuente: vasco Euskal – desarrollo sostenible.

Esta teoría fue el fruto de los trabajos hechos por la Comisión Mundial Del medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas creada en 1983. Se definió por primera vez en un documento llamado, Informe Brundtland en 1987,

En el desarrollo sustentable se preservan y protegen los recursos naturales mientras que en el desarrollo sostenible se satisfacen esas necesidades para las generaciones futuras como la vivienda, alimentación, vestuario y trabajo.

“La aparición del desarrollo sustentable en el campo discursivo de las teorías del desarrollo ha representado un cambio cualitativo en la cadena de significación que articula el crecimiento económico, la equidad social y la conservación ecológica. Sin embargo, a partir de las críticas de los movimientos ambientalistas a los resultados de los proyectos de desarrollo que se ponían en marcha –principalmente en relación a sus impactos en la integridad de los ecosistemas y en la pérdida de calidad de vida de la población– la trayectoria del desarrollo sustentable ha sido recurrentemente estudiada, aunque sin reconstruir apropiadamente los procesos de cambio conceptual y político que moldearon su aparición”. (ESTHELA, 2007)

Esta teoría se divide en tres partes llamadas dimensiones:

- dimensión ecológica
- dimensión económica
- dimensión social.

La dimensión ecológica:

Se percata en la conservación de los recursos naturales pero desafortunadamente el gran despliegue económico ha hecho que la creación de las grandes industrias por el mismo hombre produzca contaminación ambiental y nos prive del aire puro sin mirar las consecuencias que nos puede traer.

La dimensión económica:

Permite identificar determinados parámetros para evaluar que tanto se puede satisfacer las necesidades a largo plazo distribuyendo los recursos justamente.

La dimensión social:

Consiste en que todo ser humano debe tener los beneficios de educación salud, alimentación seguridad social y vivienda y tenga la oportunidad de hacer participación en la sociedad para que den unas contribuciones productivas y justamente pagadas; la desigualdad conlleva a una amenaza humana para la estabilidad a largo plazo.

2.8. Normatividad:

- Normas Técnicas Peruanas
 - ✓ NTP 339.034 – Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
 - ✓ NTP 339.084 – Método de ensayo para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
 - ✓ ASTM C 143 – Método de ensayo para asentamiento del concreto fresco, ensayo de SLUMP.
 - ✓ NTP 339.047: 1979 HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón, Esta norma técnica peruana habla sobre la terminología y definiciones relativas al concreto y a los agregados del mismo. (NTP, NTP 339.047 - hormigon (concreto), 1979)

- ✓ NTP 350.001: 1970 Tamices de ensayo, habla sobre los tamices utilizados en diferentes ensayos, Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna.

- ✓ NTP 400.010: 2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras: La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:
 - Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
 - Control en la fuente de abastecimiento.
 - Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
 - Aceptación o rechazo de los materiales

- ✓ NTP 400.011: 1976 AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.

- ✓ NTP 400.037: 2000 AGREGADOS. Requisitos.
En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la norma NTP 400.037.

- ✓ NTP 334.090 – espejo de la ASTM C 150 – tipos de cemento.
Esta norma técnica peruana establece los requisitos los cementos portland adicionados, sus aplicaciones generales y especiales, utilizando escoria puzolana caliza o alguna combinación de estas, con cemento portland o Clinker de cemento portland o escoria con cal.

Nota: esta NTP describe ingredientes y dosificaciones, con algunos requisitos de desempeño.

- ✓ NTP 334.090 – espejo de la ASTM C 595 – cemento portland más adicionados.
 - Puzolanas.
 - Escorias de alto horno.
 - Filler.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación:

En este trabajo de investigación se utilizó el método científico el cual es parte fundamental de toda investigación; por el cual gracias a este sistema podemos llegar a conclusiones basadas en la observación repetitiva y en la experiencia para descubrir ciertos fenómenos de la naturaleza.

El método científico son los caminos para llegar a un conocimiento real y válido, para que de esa manera poder resultados mediante experimentos. Su principal función reside en ir al fondo de un problema para darle su respectiva solución, es decir, llegar a conocer la realidad a través de nuestra experiencia y observación en forma directa o indirecta en base a pruebas o exámenes.

3.2. Tipo y nivel de investigación:

Tipo de investigación:

El tipo de investigación es aplicada, porque se preocupa por la aplicación del conocimiento científico, producto de la investigación básica, es un primer esfuerzo para transformar en conocimiento científico en tecnología, y su propósito fundamental es el de dar solución a problemas prácticos. (Dr. Castro León, 2016)

Nivel de investigación:

El nivel de investigación es descriptiva - explicativa, descriptiva porque tiene como propósito describir, sistemática, completa, cuantitativa y cualitativamente

los fenómenos, especificando las características y propiedades del objeto de investigación, respondiendo la pregunta, ¿Cómo es? Un determinado objeto de estudio sirviendo de base para todas las demás investigaciones. Y es explicativo porque tiene como finalidad explicar el comportamiento de una variable en función a otra, planteándose una relación de causa – efecto, respondiendo a la pregunta ¿Por qué?, se puede utilizar los resultados de investigaciones correlacionales (Dr. Castro León, 2016)

3.3. Diseño de la investigación:

El presente es un estudio experimental - transversal por que se pretende un diseño de mezcla con una mayor resistencia a la compresión mediante procesos experimentales, los cuales se determinan en base a una dosificación realizada mediante el método del ACI con datos obtenidos de los ensayos de agregados para poder determinar sus propiedades mecánicas. (Dr. Castro León, 2016)

3.4. Población y muestra:

Población:

Por tratarse de una investigación experimental, la población está conformada por 48 probetas de dimensiones establecidas por la norma técnica peruana NTP de 15 cm de diámetro X 30 cm de alto, hechas con un diseño de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, por el método A.C.I., se realizará el estudio experimental a las probetas de concreto endurecido, por ser observable, medible y cuantificable, siendo clasificada por su naturaleza, como población finita, con el fin de obtener un mejor desempeño a la propiedad de compresión de los especímenes.

Muestra:

Esta hecha por muestreo, siendo también probabilística puesto que todos los elementos tienen la misma oportunidad de ser escogidos, es no aleatorio, intencionada y dirigida, que consta de la 48 probetas de dimensiones establecidas por la norma técnica peruana NTP de 15 cm de diámetro X 30 cm de alto, hechas con un diseño de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, por el método A.C.I. Analizadas en 3 distintos laboratorios de la ciudad de Huancayo:

- 16 probetas cilíndricas de concreto endurecido para ser analizadas en el laboratorio “MULTIPROYECTOS FULL CALIDAD” E.I.R.L. (Jr. Huáscar N° 230 – El Tambo.)
- 16 probetas cilíndricas de concreto endurecido para ser analizadas en el laboratorio “DOSED INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN” (Jr. Aguirre morales N° 562 – El Tambo.).
- 16 probetas cilíndricas de concreto endurecido para ser analizadas en el laboratorio “GOVIL CONCRETO PREMEZCLADO” (Jr. Don Bosco n° 569 – San Carlos.)

3.5. Técnicas y recopilación de datos:

Para este trabajo de investigación se han usado fichas de evaluación, donde se recopiló los datos necesarios para los correspondientes cálculos y dosificaciones del concreto con sus diferentes porcentajes de vidrio incorporado a su mezcla. Véase en anexos.

3.6. Materiales y recursos:

Materiales:



Figura 14. Tamices para ensayos granulométricos. Fuente: Elaboración propia.

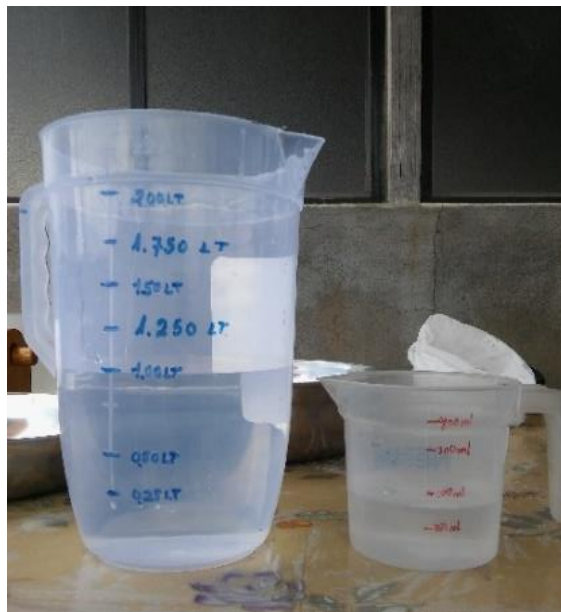


Figura 15. Jarras de plástico graduadas. Fuente: Elaboración propia.



- Petróleo.
- Trapo de tela.
- Alicata.
- Martillo de goma.
- Bastón normalizado.
- Molde de probeta.
- Espátula.
- Batea.

Figura 16. Equipo para la producción de las probetas de concreto. Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Vidrio de fluorescentes. Fuente: Elaboración propia.



Figura 18. Balanza graduada al gr. Fuente: Elaboración propia.



Figura 19. Recipiente de metal y espátula. Fuente: Elaboración propia.



- Lentes.
- Mascarilla.
- Guantes.

Figura 20. EPP's – equipos de protección básicos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Máquina para ensayos de compresión axial y diametral. Fuente: Elaboración propia.



Figura 22. Perol de inox para curado de las probetas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 23. Cámara de fotos y video. Fuente: Elaboración propia.

Recursos:

Tabla 9. Tabla de recursos utilizados para la investigación.

descripción	Número de unidades	Unidad	Valor por unidad (S/.)	Valor total (S/.)
<i>Materiales:</i>				
Alquiler de tamices	3	Días	20.00	60.00
Jarras de plástico graduadas.	2	unidades	5.00	10.00
Petróleo	1	Galón	12.00	12.00
Trapo de tela	1	Pedazo	1.00	1.00
Alicate	1	Unidad	25.00	25.00
Martillo de goma	1	Unidad	10.00	10.00
Bastón normalizado	7	días	10.00	70.00
Molde de probeta	1	mes	200.00	200.00
Espátula	1	unidad	5.00	5.00
Batea	1	unidad	20.00	20.00
Vidrio de fluorescentes	30	unidades	0.00	0.00
Balanza graduada al gramo	1	Unidad	65.00	65.00
Recipiente de metal	1	Unidad	10.00	10.00
Bolsa de cemento ANDINO	2	Unidad	24.00	48.00
Agregado fino	170	Kilos	0.80	136.00
Agregado grueso	330	Kilos	0.80	264.00
<i>Equipos de protección básica:</i>				
lentes	1	Unidad	10.00	10.00
mascarilla	5	Unidades	1.00	5.00
Guantes	4	pares	7.00	28.00
<i>Otros equipos.</i>				
Equipo para ensayos	48	ensayos	20.00	960.00
Perol de inox	1	unidad	250.00	250.00
Pilas para la cámara de fotos y video.	1	unidad	50.00	50.00
<i>Otros recursos:</i>				
copias	1	Global	120.00	120.00
movilidad	1	Global	300.00	300.00
llamadas	1	Global	100.00	100.00
libros	1	Global	100.00	100.00
Impresiones laser	1	Global	250.00	250.00
Cerigrafiado de CD	10	unidad	4.00	40.00
otros	1	global	100.00	100.00
<i>Total de recursos:</i>				3249.00

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Procedimiento de la investigación:

Fase de planteamiento y organización:

Es la fase de pre – campo donde se comenzó a idear, organizar y formular el problema de la investigación, también a plantearse objetivos.

Asesoría para la investigación.

Se inició con las coordinaciones con los asesores, llegando de esta manera a plantear la investigación, sondear, plantear y organizar, el tema de tesis que se realizó.

Se planteó la iniciativa de la investigación, planteando el problema y trazando desde ya algunos objetivos.

Recopilación de información bibliográfica.

Llegando a ser esta parte uno de los primeros objetivos planteado y acordado con los asesores.

Se efectuó la búsqueda de bibliografía a fin al estudio, revisando las normas técnicas peruanas, libros físicos y digitales y opiniones profesionales.

Construcción de instrumentos de recopilación de datos.

Se crearon fichas de evaluación para utilizarlas en la recopilación de todos los datos para su procesamiento en campo y gabinete. Véase en anexos.

Fase de recopilación de datos

Ensayos de porcentaje de absorción y humedad.

Procedimiento para el agregado grueso y el fino.

Para el agregado grueso:

a. Porcentaje de Absorción:

Como primer paso se extrae el material de canteras y/o establecimientos donde exista agregados, de ella se recolecta una muestra de agregado grueso, para realizar el cuarteo que se efectúa por tres veces.



Figura 24. Cantera “Baltazar” in – situ – rio Mantaro. Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Cantera “Baltazar” – Pilcomayo. Fuente: Elaboración propia.

La muestra escogida pasa a zarandearse con la malla N°04 y lo retenido corresponde al agregado grueso adecuado que se usara para el proyecto de investigación.

Nota: se debe si o si tamizar el agregado para poder distinguir las partículas retenidas en la malla N° 4 y el otro restante de partículas para ensayos posteriores, (Ver la parte b. Contenido de Humedad).



Figura 26. Zarandeo de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Ahora lavamos la muestra hasta sacar todas las impurezas y tratar de que el agua se vuelva lo más transparente posible, y sumergirla en agua durante 24 horas.



Figura 27. Limpieza de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Al día siguiente, saturada de agua la muestra, tomar sólo una parte de la misma, siendo eliminada la otra. Porque las partículas grandes del agregado sólo necesitan ser secadas con un trapo. De esa manera lograremos que la muestra esté parcialmente seca.



Figura 28. Secar la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Después que la muestra de agregado grueso este parcialmente seca pasamos a pesarla en una balanza de estabilidad. Debemos fijarnos en que la balanza este en cero si no debemos tarar para luego anotar el valor que marca en las fichas de evaluación.



Figura 29. Pesando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Luego sujetar un balde lleno de agua con un pabito resistente por la base de la balanza, para meter una canastilla con la muestra dentro en el balde. Anotar el valor que marca la balanza.



Figura 30. Saturando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Luego se coge la muestra de la canastilla y se vierte en una tara. Que será introducida en el horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.

Al día siguiente sacar la muestra y pesarla. Tomar los respectivos datos para calcular el porcentaje de absorción.



Figura 31. Muestra en el horno por 24 horas. Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad

Para esta parte se toma una pequeña cantidad de agregado para que en dos taras se vierta dicho material, antes se tiene que pesar las taras vacías.



Figura 32. Pesando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Se anota el código de tara designado para diferenciarlas de otras, anotar el peso de la tara con la muestra dentro de ella, para posteriormente llevarlas al horno por 24 horas.



Figura 33. Muestra en el horno.

AL día siguiente se debe anotar el peso de la muestra en la tara. Al final ya teniendo los datos necesarios, podremos calcular el porcentaje de absorción y el contenido de humedad

Para el agregado fino:

a. Porcentaje de Absorción:

En primer lugar se realiza el cuarteo del agregado fino, por tres veces.



Figura 34. Cuarteo de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Luego de cuartear el material pasamos a zarandearla con las mallas N°04 y N°200, para que de esta manera lograr tener el agregado fino adecuado, se debe considerar que el material que pasa por la malla N° 200 no es la conveniente para la elaboración de Concreto, deberá ser eliminada y separada inmediatamente. Nota: También se zarandea el material que sobro y que no se utilizó para esta elaboración. Puesto que nos servirá para ensayos posteriores. (Ver la parte b. Contenido de Humedad).



Figura 35. Zarandeando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Luego para sacar el polvo adherido a las partículas del agregado fino, se debe lavar hasta alcanzar un color casi trasparente del agua, ayudarnos con una manguera ayuda mucho a este proceso.



Figura 36. Lavando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Entonces se toma un balde con agua lleno de agua y agregar la muestra dentro de ella para que este quede saturada en su totalidad, dejarla así por 24 horas. Se recomienda que la muestra este extendida, para que pueda absorber toda el agua posible.



Figura 37. Saturando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Al siguiente día, se toma la mitad del agregado fino ya saturado y se seca con la ayuda de una cocina eléctrica hasta que quede superficialmente seco



Figura 38. *Secando la muestra. Fuente: Elaboración propia.*

Cuando ya esté calentado el material realizamos un pequeño ensayo llamado “conito de absorción”, se mete la muestra en el cónico, apisonando el material unas 25 veces, tratando de dejar caer el pisón a una altura aprox. de 1cm. Este ensayo se usa para constatar que el material se encuentre superficialmente seco



Figura 39. *Prueba del conito. Fuente: Elaboración propia.*

Luego se nivela la superficie y si al quitar el molde la muestra se deja caer a lo mucho $1/3$, es porque por ha logrado alcanzar la condición que deseamos y comprobar de esa manera que no existe humedad libre, de lo contrario solo se sigue secando y se repite el ensayo del conito hasta que cumpla con esta condición.



Figura 40. Verificación de la prueba del conito. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente pesamos una muestra de 500 gramos de agregado para echarla a la fiola. Antes debemos pesar la fiola vacía y agregar agua recomendable a una temperatura de 20°C, hasta el ras del instrumento indicado más o menos 500 ml.



Figura 41. Fiola. Fuente: Elaboración propia.

Se debe mezclar el agua con el agregado para que toda el agua penetre y no haya espacio alguno, conseguir eliminar todas las burbujas posibles de aire.

Sacar el agua que sobra con una pipeta hasta el ras indicado. Luego se anota el peso de la fiola con la muestra y el agua mezcladas.



Figura 42. *Pesando la fiola con la muestra. Fuente: Elaboración propia.*

Con el material que estuvo en la fiola se calcula el porcentaje de absorción. Después llevar la muestra al horno por 24 horas.



Figura 43. *Muestra en el horno por 24 horas. Fuente: Elaboración propia.*

Para finalizar, al día siguiente, se lleva la muestra de agregado fino a una balanza, y se anota los lo que marca la balanza para ejecutar el cálculo del porcentaje de absorción.

b. Contenido de humedad

Recordamos que separamos una pequeña parte de material, es para hacer el ensayo de absorción, se aprovecha que ya está tamizado.

En dos taras, antes ya pesadas, agregar la muestra de agregado fino.



Figura 44. Muestra en taritas. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente pesar la muestra con las taras y anotar su valor.



Figura 45. Pesando la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Llevar las taras llenas de muestras al horno y dejarlas 24 horas.



Figura 46. Muestra en el horno. Fuente: Elaboración propia.

Al día siguiente, sacarlas del horno y pesarlas. Para calcular el contenido de humedad del agregado fino.

Nota: los términos usados de peso específico y/o densidad, son iguales para este tipo de ensayo que se ha realizado por la siguiente razón.

Densidad: Para la física y la química, es una magnitud escalar que refiere a la cantidad de masa que se encuentra en un determinado volumen de una sustancia.

Se expresa en kg/m^3 en el SI. Es una magnitud que expresa la relación entre el volumen y la masa de una sustancia.

Peso específico: Es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen. Para el SI, se expresa en N/m³ y para el sistema técnico se expresa kg/m³.

Preparación de las probetas

Después del cálculo respectivo para este punto, se procedió a la preparación de las probetas para sus respectivos ensayos, se fabricaron 48 probetas de concreto, 3 probetas madre de concreto convencional y 45 probetas con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla.

A su vez , todas la probetas de dejaron secar por un día, para luego sumergirlas en el perol de inox, el cual contiene agua, para su curado por 28 días e inmediatamente después de que cumplan la edad requerida, llevarlas a los laboratorios para sus respectivos ensayos.

Se prepararon probetas de un concreto para una resistencia de diseño de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con el método de diseño ACI, de la misma manera para todos sus porcentajes de dosificación del 2%, 5%, 7%, 10%, 15%, 25%, 50%, siendo los resultados, probetas cilíndricas para llevarlas al curado y posteriormente a sometimiento de ensayos en laboratorio.



Figura 47. Bolsa de cemento “ANDINO” – tipo I. Fuente: Elaboración propia.



Figura 48. *Peso de la muestra de agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 49. *Peso de la muestra de agregado fino. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 50. Peso del cemento. Fuente: Elaboración propia.



Figura 51. Peso del vidrio de sosa, cal y sílice. Fuente: Elaboración propia.



Figura 52. Mezcla de los agregados grueso y fino Fuente: Elaboración propia.



Figura 53. Incorporación del vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla del concreto. Fuente: Elaboración propia.



Figura 54. Mezclando todos los ingredientes para la mezcla. Fuente: Elaboración propia.



Figura 55. Incorporando agua a la mezcla. Fuente: Elaboración propia.



Figura 56. Materiales para la fabricación de probeta de concreto. Fuente: Elaboración propia.



Figura 57. Empapando el molde con petróleo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 58. Ajustado el molde con alicate. Fuente: Elaboración propia.



Figura 59. Llenando el molde con la mezcla de concreto. Fuente: Elaboración propia.



Figura 60. Chuseando la mezcla, 25 golpes por norma. Fuente: Elaboración propia.



Figura 61. Golpeando el molde, 16 golpes por 4 costados, 4 en cada lado, con el martillo de goma. Fuente: Elaboración propia.



Figura 62. Nivelando la tercera capa y ultima de la probeta con la varilla. Fuente: Elaboración propia.



Figura 63. Probeta de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Fuente: Elaboración propia.



Figura 64. Probetas para ensayo de compresión axial. Fuente: Elaboración propia.



Figura 65. Probeta para ensayo de tracción diametral. Fuente: Elaboración propia.



Figura 66. Cumpliendo la edad de curado de la probetas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 67. Falla por compresión axial. Fuente: Elaboración propia.



Figura 68. *Falla por tracción diametral. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 69. *Distribución de los agregados y cemento en la probeta de concreto convencional. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 70. Distribución de los agregados, cemento y vidrio en la probeta de concreto con 5% de vidrio incorporado. Fuente: Elaboración propia.

Asentamiento del concreto (Prueba del SLUMP)

Se debe realizar el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en las obras civiles y en laboratorio, esto según la sección 7: concreto; MTC E 705,

No se aplica en un concreto que contenga una cantidad sobresaliente de agregado grueso con un tamaño mayor a 37,5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo.

Es obligación de quien emplee esta norma, fijar prácticas de seguridad y salubridad adecuadas.

Referencias normativas

- NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.
- AASHTO: T 119M Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM: C 143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete

Procedimiento

Se empapa el molde por dentro con gasolina o kerosene, luego este mismo se posiciona sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies para ser colmada con tres capas de concreto, a un tercio del volumen del molde.

Se debe compactar cada capa con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente. Para la capa del fondo se inclina la varilla dando la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando espiralmente con golpes verticales hacia el centro.

Luego que la última capa haya sido compactada se debe igualar al ras del molde la superficie del concreto. Inmediatamente el molde deberá ser retirado, alzándolo en dirección vertical en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos.

El ensayo completo, debe ejecutarse sin interrupción alguna en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos.

El ensayo debe comenzar dentro de los 5 min después de coger la muestra.

Por último, se mide el asentamiento, que es el espacio vacío entre el revenimiento del concreto y la altura total del cono de Abrams.

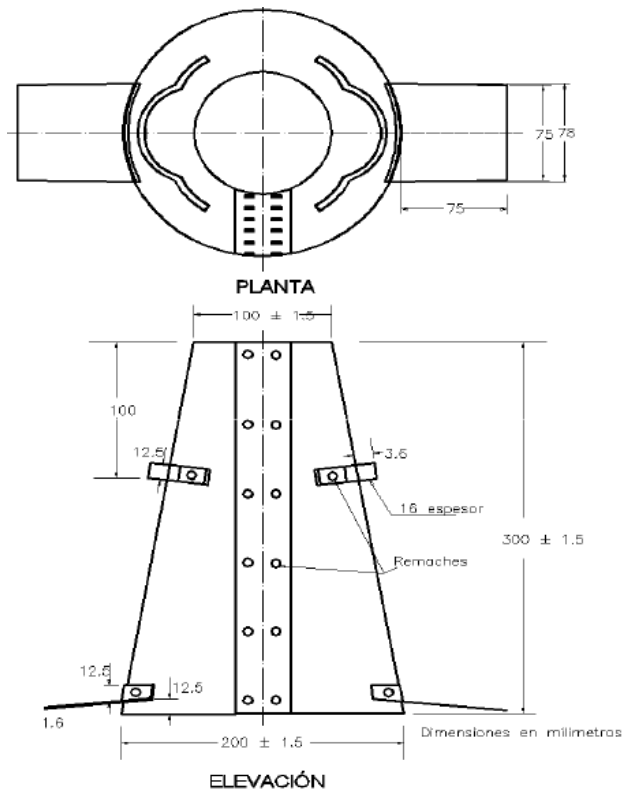


Figura 71. Molde para determinar el asentamiento. Fuente. Manual de ensayos de materiales, normas MTC, proporcionadas por el ICG.

Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra

Se debe realizar un procedimiento para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de hormigón. Según dice la sección 7: concreto; MTC E 723,

Referencias normativas

- NTP 339.033: 1997 HORMIGON. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.

- ASTM C 31: 1999 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

Ensayo de compresión axial de muestras cilíndricas

Se deberá definir la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto moldeados o núcleos extraídos, este ensayo solo se limita a concretos con un peso unitario superior a 800 kg/m³ equivalente a 50 lb/pie³. Según la sección 7: concreto; MTC E 704

Consiste en la aplicación de una carga axial de compresión a probetas cilíndricas o a núcleos extruidos los llamados diamantinas, esta carga se debe hacer hasta que se presente la falla en la probeta, a una velocidad prescrita, la resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga aplicada durante el ensayo su sección transversal.

Los resultados se usan como base para el control de calidad de las mezclas, dosificación, colocación del concreto y como control para evaluar la eficacia de los aditivos incorporados, para el cumplimiento de especificaciones

Los valores obtenidos dependen del tamaño y de la forma de la probeta, también del número de probetas ensayadas en una misma tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, de la edad de curado, temperatura y condiciones de humedad.

Referencias normativas

- NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

- ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

Tabla 10. Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes.

Edad del ensayo	Edad del ensayo
12 horas	0.25 o 2.1 %
24 horas	+/- 0.5 horas o 2.1%
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ö 2,2%

Fuente: manual de ensayo de materiales del MTC.

Velocidad de Carga

Se deberá aplicar un carga de manera constante y comprendida dentro de un rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (35 ± 7 psi/s). Esta velocidad se debe mantener, por lo menos hasta la segunda mitad del ciclo de ensayo, no se deberá ajustar la velocidad mientras en ensayo está en curso puesto que altera los resultados reales.

Ensayo a la compresión por tracción diametral (ensayo de tracción indirecta)

Se debe ejecutar un ensayo de tracción indirecta de probetas cilíndricas de concreto de un diámetro = 150 ± 3 mm y una longitud = 300 ± 6 mm. Según la sección 7: concreto; MTC E 708

Este método se encuentra normalizado

- Norma peruana NTP 339.084 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica)

Procedimiento

Se trazan líneas en el eje de la probeta, tanto en los planos diametrales verticales y planos superficiales horizontales, para representar las longitudes y los diámetros respectivamente, que se usaran como datos para razones de cálculo, la carga se aplica en el plano diametral vertical de la probeta, Se utilizan unas placas de apoyo curvo, con radio de curvatura igual al radio nominal de la probeta, de 12,7 o 25,4 mm de ancho, para que la distribución de tensiones no se altere significativamente

El diámetro se mide con un margen de error tolerable de 0,25 mm (0,1") se debe de medir tres y sacra un promedio de dichas medidas realizadas.

Se aplica una velocidad de carga de manera constante y continua, en probetas normales comprendidas entre 50 y 100 kN/min (11300 y 22600 lbf). Para probetas de 152 mm por 305 mm (6" por 12"), hasta la fractura de la probeta.

$$\text{Compresión diametral} = 2(P) / (\pi (D) (L))$$

Donde:

P → es la Carga

D → Diámetro del espécimen

L → Longitud del espécimen

¿Qué es el módulo de elasticidad del concreto?

Ni resorte ni goma de mascar, pero se estira. ¿Qué tan elástico es el concreto?, Todos los materiales tienen comportamiento elástico hasta que alcanzan su deformación, en otras palabras. Es la relación entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación unitaria. Representa su rigidez ante una carga impuesta sobre el mismo.

Cuando la relación mencionada a la que está sometido el material es lineal - constante y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, se dice que el material tiene un comportamiento elástico que cumple con la ley de Hooke.



Figura 72. Cilindro colocado para ensayo de tensión indirecta

Vidrio de sosa, cal y sílice utilizado.

Antes de la elaboración de las probetas cilíndricas se tuvo que definir el tamaño del grano o partícula de vidrio de sosa, cal y sílice, que se iba a utilizar para esta investigación, dicho procedimiento de obtención del material comenzó con la recolección del vidrio únicamente de

fluorescentes y focos, de tachos de basura de todas las calles por donde se caminó, el mayor número se encontró entre las calles del Jr. Huánuco y Jr. Atahualpa, cerca al estadio “Cuarto Centenario” (Estadio Huancayo). Luego se procedió a machacar el material, usando los equipos de protección adecuados para evitar accidentes como cortaduras, dejándolo a un tamaño con el cual podríamos darle molienda en una maquina manual utilizada para moler maíz, dejándolo de un tamaño apropiado para poder tamizarlo en el laboratorio con mallas llamadas “tamices estándar USA”, llegando de esta manera a utilizar el tamaño de partícula que pasa por la malla N° 100, teniendo una luz de 0.150 mm, según la gradación en la “tabla de tamices estándar USA” (SOILTEST, 2015)



Figura 73. Vidrio de sosa, cal y sílice reciclado de fluorescentes y focos.



Figura 74. Vidrio de sosa, cal y sílice chancado.



Figura 75. Evidencia del vidrio chancado preparado para pulverizar en la moledora.



Figura 76. Herramienta manual para moler.



Figura 77. Vertiendo el vidrio chancado a la moledora.



Figura 78. Moliendo el vidrio de sosa, cal y sílice de fluorescentes y focos.



Figura 79. Resultado del vidrio al pasar por la molidora.



Figura 80. Vidrio de sosa, cal y sílice, listo para su tamizado.



Figura 81. Movimiento de los tamices.



Figura 82. Resultado final del tamizado (pasa la malla N° 100) del vidrio de sosa, cal y sílice que se utilizará para ser incorporado a la mezcla del concreto $F'c=210\text{Kg/cm}^2$.



Figura 83. Pequeña muestra al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla.



Figura 84. Pequeña muestra mezclada de vidrio y hormigón.

Fase de procesamiento y análisis de datos

Para los parámetros del concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

1. Ensayo de granulometría (norma técnica peruana NTP 400.012).

Se pasa la muestra seleccionada por una serie de tamices que están ordenadas según su abertura de malla que va de mayor a menor, para encontrar el tamaño de las partículas, para luego ser seleccionadas.

Módulo de fineza.

Para el agregado fino.

$$M_f = \frac{\% \text{Ret. Acum.} \left(1 \frac{1''}{2} + \frac{3''}{4} + \frac{3''}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100 \right)}{100}$$

Tabla 11. Tamices y sus porcentajes, módulo de fineza.

Tamiz	Porcentaje
1 ½	0
¾	0
3/8	0
Nº 4	0
Nº 8	7.02
Nº 16	14.58
Nº 30	36.62
Nº 50	82.64
Nº 100	90.68
MF	2.32

Fuente: elaboración propia.

Tamaño máximo nominal.

Para el agregado grueso.

Tabla 12. Tamaño máximo nominal.

$T.M.N. = 1\ 1/2'' = Cm$

Fuente: Elaboración propia.



Figura 85. Medición del agregado grueso utilizado.

Pesos unitarios suelto y compactado.

Para el agregado fino.

Peso unitario suelto.

Volumen del molde, $V = 2792 \text{ cm}^3$

Peso del molde, $P = 2989 \text{ gr.}$

Peso de la arena + el molde, $= 7624 \text{ gr.}$

$$\text{P.U.S.} = \frac{(\text{Peso de la arena (suelto)} + \text{molde}) - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{P. U. S.} = \frac{(7624 \text{ gr.}) - (2989 \text{ gr.})}{2792 \text{ cm}^3}$$

$$\text{P.U.S.} = 1.66 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{P.U.S.} = 1660.10 \text{ kg/cm}^3$$

Peso unitario compactado.

Volumen del molde, $V = 2792 \text{ cm}^3$

Peso del molde, $P = 2989 \text{ gr.}$

Peso de la arena + el molde, $= 7931 \text{ gr.}$

$$\text{P.U.C.} = \frac{(\text{Peso de la arena (compactado)} + \text{molde}) - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{P. U. C.} = \frac{(7931 \text{ gr.}) - (2989 \text{ gr.})}{2792 \text{ cm}^3}$$

$$\text{P.U.C.} = 1.77 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{P.U.C.} = 1770.06 \text{ kg/cm}^3$$

Para el agregado grueso.

Peso unitario suelto.

Volumen del molde, $V = 17256 \text{ cm}^3$
Peso del molde, $P = 9388 \text{ gr.}$
Peso de la grava + el molde $= 36600 \text{ gr.}$

$$\text{P.U.S.} = \frac{(\text{Peso de la grava (suelto) + molde}) - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{P. U. S.} = \frac{(36600 \text{ gr.}) - (9388 \text{ gr.})}{17256 \text{ cm}^3}$$

$$\text{P.U.S.} = 1.58 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{P.U.S.} = 1576.96 \text{ kg/cm}^3$$

Peso unitario compactado.

Volumen del molde, $V = 17256 \text{ cm}^3$
Peso del molde, $P = 9388 \text{ gr.}$
Peso de la grava + el molde $= 38329 \text{ gr.}$

$$\text{P.U.C.} = \frac{(\text{Peso de la grava (compactado) + molde}) - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{P. U. C.} = \frac{(38329 \text{ gr.}) - (9388 \text{ gr.})}{17256 \text{ cm}^3}$$

$$\text{P.U.C.} = 1.68 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{P.U.C.} = 1677.16 \text{ kg/cm}^3$$

Cemento.

El cemento utilizado es el cemento portland tipo I. en este caso se utilizó el cemento andino.

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Pe = 3.15 \text{ gr/cm}^3$$

$$SLUMP = 4''$$

$$Pe (\text{agua}) = 1 \text{ gr/cm}^3$$

Vidrio de sosa, cal y sílice.

Granulometría lo más parecida al del cemento, para su posterior incorporación en los porcentajes propuestos por el investigador.

$$\text{Luz} = 0.150 \text{ mm.}$$

Tamaño de partícula que pasa por la malla N° 100

Porcentaje de absorción para el agregado grueso.

Peso de la muestra seca al horno; A = 1621.8 gr.

Peso de la muestra saturada con superficie seca; B = 1667.2 gr.

Peso de la muestra saturada dentro de agua; C = 1000.4 gr.

1. *Peso específico de la masa.*

$$\frac{A}{B - C}$$

$$Pe (\text{masa}) = \frac{1621.8 \text{ gr}}{(1667.2 \text{ gr}) - (1000.4 \text{ gr})}$$

$$Pe (\text{masa}) = 2.43 \text{ gr/cm}^3$$

2. Peso específico de la masa saturado superficialmente seco.

$$\frac{B}{B - C}$$

$$\text{Pe (msss)} = \frac{1667.2 \text{ gr}}{(1667.2 \text{ gr}) - (1000.4 \text{ gr})}$$

$$\text{Pe (msss)} = 2.50 \text{ gr/cm}^3$$

3. Peso específico aparente.

$$\frac{A}{A - C}$$

$$\text{Pe (ap)} = \frac{1621.8 \text{ gr}}{(1621.8 \text{ gr}) - (1000.4 \text{ gr})}$$

$$\text{Pe (ap)} = 2.61 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Pe (ap)} = 2610 \text{ kg/cm}^3$$

4. Porcentaje de absorción.

$$\frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\% \text{ abs.} = \frac{(1667.2 \text{ gr}) - (1621.8 \text{ gr})}{1621.8 \text{ gr}} * 100$$

$$\% \text{ abs.} = 2.80 \%$$

Nota: Para que el peso específico se exprese en unidades de gr/cm^3 , se multiplica su valor por 1gr/cm^3 que es el peso específico del agua a 20°C . En el ensayo no se indica pero se asume esta operación.

Contenido de humedad para el agregado grueso.

Tabla 13. Datos para el cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.

Pesos	Tara N°1
(1) Peso de la tara (gr.)	157.2
(2) peso húmedo + peso de la tara (gr)	508.8
(2-1) peso húmedo (gr) (W_m)	353.7
(3) peso seco + peso de la tara (gr)	505.0
(3-1) peso seco (gr) (W_s)	347.8

Fuente: elaboración propia.

$$w(\%) = \frac{W_M - W_S}{W_S} \times 100$$

$$W(\%) = \frac{(353.7 \text{ gr}) - (347.8 \text{ gr})}{347.8 \text{ gr}} * 100$$

$$W(\%) = 1.70 \%$$

Porcentaje de absorción para el agregado fino.

Peso de la fiola;	(1) = 677.4 gr.
Peso de la fiola con agua;	(2) = 978.4 gr.
Peso del agua (2) – (1);	W = 301.03 gr.
Peso de la arena seca al horno;	A = 473.04 gr.
Volumen del balón;	V = 500 cm ³ .

1. *Peso específico de la masa.*

$$\frac{A}{V - W}$$

$$Pe \text{ (masa)} = \frac{473.04 \text{ gr.}}{(500 \text{ cm}^3) - (301.03 \text{ gr})}$$

$$Pe \text{ (masa)} = 2.38 \text{ gr/cm}^3$$

2. peso específico de la masa saturado superficialmente seco.

$$Pe \text{ (msss)} = \frac{\frac{500}{V - W}}{(500 \text{ cm}^3) - (301.03 \text{ gr})}$$

$$Pe \text{ (msss)} = 2.51 \text{ gr/cm}^3$$

3. peso específico aparente.

$$Pe \text{ (ap)} = \frac{\frac{A}{(V - W) - (500 - A)}}{(500 \text{ cm}^3 - 301.03 \text{ gr}) - (500 - 473.74 \text{ gr})}$$

$$Pe \text{ (ap)} = 2.75 \text{ gr/cm}^3$$

$$Pe \text{ (ap)} = 2750 \text{ kg/cm}^3$$

4. Porcentaje de absorción.

$$\% \text{ abs.} = \frac{\frac{500 - A}{A} \cdot 100}{473.74 \text{ gr}} * 100$$

$$\% \text{ abs.} = 5.70 \%$$

Porcentaje de humedad para el agregado fino.

Tabla 14. Datos para el cálculo del porcentaje de humedad del agregado fino.

Pesos	Tara N°2	Tara N°3
(1) peso de la tara (gr)	16.1	16.0
(2) peso húmedo + peso de la tara (gr)	82.8	82.7
(2-1) peso húmedo (gr)	66.7	66.7
(3) peso seco + peso de la tara (gr)	81.3	80.9
(3-1) peso seco (gr)	65.2	64.9

Fuente: Elaboración propia.

1. Porcentaje de humedad 2 y 3.

$$w(\%) = \frac{W_M - W_S}{W_S} \times 100$$

$$\%W = \frac{(66.7 \text{ gr}) - (65.2 \text{ gr})}{65.2 \text{ gr}} * 100$$

$$\%W (1) = 2.30 \%$$

$$\%W (1) = 2.70 \%$$

2. Promedio del porcentaje de humedad.

$$W(\%) = \frac{w(\%)_2 + w(\%)_3}{2}$$

$$\%W = \frac{(2.30 \%) + (2.70 \%)}{2}$$

$$\% W = 2.50 \%$$

Dosificación de un concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por el método ACI.

1. Cálculo $F'cr$ (resistencia promedio requerida).

Existen tres maneras para calcular la resistencia promedio requerida, y estas son:

a. Cuando tenemos la desviación estándar.

$$F'cr = F'c + 1.33s \dots\dots\dots(i)$$

$$F'cr = F'c + 2.33s - 35 \dots\dots(ii)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

x_i = valores de resistencia obtenidos en probetas estándar.

\bar{x} = promedio de valores de resistencia obtenidos en probetas estándar



b. cuando no tenemos registro de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores.

$F'c$	$F'cr$
Menos de 210	$F'c + 70$
210 - 350	$F'c + 84$
>350	$F'c + 98$

c. teniendo en cuenta el control de calidad en la obra.

Nivel de Control	$F'cr$
Regular o malo	$1.3F'c$ a $1.5F'c$
Bueno	$1.2F'c$
Excelente	$1.1F'c$

Como no tengo ningún dato para empezar, utilizare la segunda manera especificada para trabajar.

Resistencia de diseño; $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Como la $F'c$ está entre 210 y 350 de la tabla se le suma; 84 kg/cm^2 , como especifica la tabla en el punto b.

Entonces; $F'cr = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$
 $F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$

2. Cálculo del contenido de aire.

Para este punto se necesita el tamaño máximo nominal del agregado grueso, elegido:

$$\text{T.M.N.} = 1.5'' = 1 \frac{1}{2}'' = 3.75 \text{ cm}$$

TABLA 02
CONTENIDO DE AIRE A TRAPADO

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

Figura 86. Contenido de aire atrapado

Entonces; Aire = 1.0 %

3. Cálculo del contenido de agua.

TABLA 01
VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Agua en l/m³, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura 87. Volumen unitario de agua.

Entonces; Asentamiento (SLUMP) = 4"
 T.M.N del agregado = 1.5"

Luego; agua = 181 Lts/m³.

4. Cálculo de la relación agua - cemento (a/c) por resistencia requerida (F'cr):

TABLA 05
RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura 88. Relación agua/cemento por resistencia.

Tengo; $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

$$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o} (y_1 - y_o)$$

Interpolando valores:

Tabla 15. Interpolación para el cálculo de la relación agua cemento.

	F'c		C.S.A.I.
Límite inferior	250	-----	0.620
Límite superior	300	-----	0.550
valor	294	-----	a/c

Fuente: Elaboración propia.

Entonces; Relación a/c = 0.558

5. Cálculo del contenido de cemento.

Tenemos; a/c = 0.558

Agua (a) = 181 litros

Dividiendo; $\frac{\text{litros de agua}}{\text{relacion a/c}}$

Se obtiene el factor C:

$$C = \frac{181 \text{ litros}}{0.558}$$

$$C = 324.14$$

Bolsas de cemento:

$$\text{Factor C} = 324.14 / 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{Factor C} = 7.63 \text{ bolsas por m}^3$$

6. Cálculo del peso del agregado grueso.

TABLA 04

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino. (b / b_0)

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Figura 89. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tenemos:

$$\text{Peso a.g.} = \frac{b}{b_0} \times \text{Peso u.s.c.}$$

Donde:

$$b/b_0 = 0.74 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} &\text{Peso unitario seco compactado del agregado grueso} \\ &= 1667 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Luego, multiplicando el b/b_0 con P.U.C del agregado grueso.

$$\text{Peso del A. G.} = \left(\frac{b}{b_0} * \text{P. U. C} \right)$$

$$\text{Peso del A.G.} = 0.74 \text{ m}^3 * 1667 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del A.G.} = 1241.09 \text{ kg}$$

7. Cálculo del peso del agregado fino.

Para ello tenemos:

Aire	= 1%
Agua	= 181 Litros
Cemento	= 324.14 kg.
Peso del A.G.	= 1241.09 kg.

Con estos datos debemos calcular el volumen absoluto.

$$\text{cemento} = \frac{324.14 \text{ kg}}{(\text{Pe cemento}) * (1000)}$$

$$\text{cemento} = \frac{324.14 \text{ kg}}{(3.15 \text{ gr/cm}^3) * (1000)}$$

$$\text{Cemento} = 0.103 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{181 \text{ litros}}{\text{Pe agua} * 1000}$$

$$\text{agua} = \frac{181 \text{ litros}}{\left(1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) * (1000)}$$

$$\text{Agua} = 0.181 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = (1 \%) * (100)$$

$$\text{Aire} = 0.01 \text{ m}^3$$

$$\text{volumen del A. grueso} = \frac{\text{Peso del A, grueso}}{\text{Pe (A. grueso)}}$$

$$\text{volumen del A. grueso} = \frac{1241.09 \text{ kg}}{2610 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen del A. grueso} = 0.48 \text{ m}^3$$

Entonces resumiendo los resultados de esta parte tenemos.

Cemento	= 0.103 m ³
Agua	= 0.181 m ³
Aire	= 0.01 m ³
Volumen del A. G.	= 0.48 m ³

El volumen absoluto hasta este momento será.

Cemento	= 0.103 m ³	+
Agua	= 0.181 m ³	
Aire	= 0.01 m ³	
Volumen del A. G.	= 0.48 m ³	
<hr/>		
Volumen absoluto	= 0.769 m ³	

Como todas las cantidades que estamos encontrando son para 1 m³ de concreto, entonces el volumen del agregado fino será lo que le falta para llegar al metro cubico de volumen total.

$$\text{Volumen del A. fino} = (1 \text{ m}^3) - (\text{volumen absoluto})$$

$$\text{Volumen del A. fino} = (1 \text{ m}^3) - (0.769 \text{ m}^3)$$

$$\text{Volumen del A. fino} = 0.231 \text{ m}^3$$

8. Cálculo del peso del agregado fino.

$$\text{Peso del A. fino} = (\text{volumen del A. fino}) * (\text{Pe A. fino})$$

$$\text{Peso del A. fino} = (0.231 \text{ m}^3) * (2750 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso del A. fino} = 634.10 \text{ kg}$$

9. Presentación del diseño en estado seco.

$$\text{Cemento} = 324.14 \text{ kg}$$

$$\text{A. fino} = 634.10 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 1241.09 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 181 \text{ Litros}$$

10. Corrección por humedad de los agregados.

Se utilizara esta fórmula para la corrección por humedad de los agregados.

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado fino} = 634.10 \text{ kg} * \left(\frac{2.50\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado fino} = 649.94 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1241.09 \text{ kg} * \left(\frac{1.70\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado grueso} = 1262.15 \text{ kg}$$

11. Calculo del aporte de agua a la mezcla.

Para ello utilizaremos esta fórmula.

$$\frac{(\%w - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100}$$

$$\text{agregado fino} = \frac{(2.50 \% - 5.7 \%) * 649.94 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Agregado fino} = - 20.80 \text{ Litros.}$$

$$\text{agregado grueso} = \frac{(1.70 \% - 2.8 \%) * 1262.15 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Agregado grueso} = -13.92 \text{ Litros}$$

Sumando los valores obtenemos.

$$\text{Aporte} = (-20.80 \text{ Litros}) + (-13.92 \text{ Litros})$$

$$\text{Aporte} = -34.72 \text{ Litros}$$

12. Calculo de agua efectiva a la mezcla.

$$\text{Agua efectiva} = 181 \text{ Litros} - (-34.72 \text{ Litros})$$

$$\text{Agua efectiva} = 215.72 \text{ Litros}$$

13. Proporcionamiento del diseño.

$$\text{Cemento} = 324.14 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 649.94 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1262.15 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 215.72 \text{ kg}$$

14. Calculo para un kg de cemento.

Cemento	= (324.14 kg) / (324.14 kg)	= 1 kg
Agregado fino	= (649.94 kg) / (324.14 kg)	= 2.01 kg
Agregado grueso	= (1262.15 kg) / (324.14 kg)	= 3.89 kg
Agua	= (215.72 Litros) / (324.14 kg)	= 0.67 Lt

15. Calculo para la capacidad de la probeta.

Cemento	= 1 kg	= 1000 gr	= 500 gr	= 250 gr
A. fino	= 2.01 kg	= 2005.13 gr	= 1002.56 gr	= 501.28 gr
A. grueso	= 3.89 kg	= 3893.83 gr	= 1946.92 gr	= 973.46 gr
Agua	= 0.67 Lt	= 665.93 Lt	= 332.76 Lt	= 166.38 Lt

Sumando valores para la fabricación de las probetas con un concreto convencional de una $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Cemento	= 1750 gr	= 1.750 kg
Agregado fino	= 3508.67 gr	= 3.509 kg
Agregado grueso	= 6814.21 gr	= 6.814 kg
Agua	= 1164.97 Lt	= 1.165 Lt

Dosificación del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con la incorporación de sus diferentes porcentajes planteados inicialmente.

1. Para un 2% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento	= 0.980 kg
Vidrio al 2%	= 0.020 kg
Agregado fino	= 2.005 kg

Agregado grueso = 3.894 kg
Agua = 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta N° 2.

Cemento = 1715 gr = 1.715 kg
Vidrio al 2% = 35 gr = 0.035 kg
Agregado fino = 3508.97 = 3.509 kg
Agregado grueso = 6814.21 = 6.814 kg
Agua = 1164.67 = 1.165 Lt

2. Para un 5% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento = 0.950 kg
Vidrio al 5% = 0.050 kg
Agregado fino = 2.005 kg
Agregado grueso = 3.894 kg
Agua = 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta N° 3.

Cemento = 1662.50 gr = 1.663 kg
Vidrio al 5% = 87.50 gr = 0.088 kg
Agregado fino = 3508.97 = 3.509 kg
Agregado grueso = 6814.21 = 6.814 kg
Agua = 1164.67 = 1.165 Lt

3. Para un 7% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento	= 0.930 kg
Vidrio al 7%	= 0.070 kg
Agregado fino	= 2.005 kg
Agregado grueso	= 3.894 kg
Agua	= 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta Nº 4.

Cemento	= 1627.50 gr	= 1.628 kg
Vidrio al 7%	= 122.50 gr	= 0.123 kg
Agregado fino	= 3508.97	= 3.509 kg
Agregado grueso	= 6814.21	= 6.814 kg
Agua	= 1164.67	= 1.165 Lt

4. Para un 10% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento	= 0.900 kg
Vidrio al 10%	= 0.100 kg
Agregado fino	= 2.005 kg
Agregado grueso	= 3.894 kg
Agua	= 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta Nº 5.

Cemento	= 1575 gr	= 1.575 kg
Vidrio al 10%	= 175 gr	= 0.175 kg
Agregado fino	= 3508.97	= 3.509 kg
Agregado grueso	= 6814.21	= 6.814 kg
Agua	= 1164.67	= 1.165 Lt

5. Para un 15% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento	= 0.850 kg
Vidrio al 15%	= 0.150 kg
Agregado fino	= 2.005 kg
Agregado grueso	= 3.894 kg
Agua	= 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta Nº 6.

Cemento	= 1487.50 gr	= 1.488 kg
Vidrio al 15%	= 262.50 gr	= 0.263 kg
Agregado fino	= 3508.97	= 3.509 kg
Agregado grueso	= 6814.21	= 6.814 kg
Agua	= 1164.67	= 1.165 Lt

6. Para un 25% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento	= 0.750 kg
---------	------------

Vidrio al 25%	= 0.250 kg
Agregado fino	= 2.005 kg
Agregado grueso	= 3.894 kg
Agua	= 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta N° 7.

Cemento	= 1312.50 gr	= 1.313 kg
Vidrio al 25%	= 437.50 gr	= 0.438 kg
Agregado fino	= 3508.97	= 3.509 kg
Agregado grueso	= 6814.21	= 6.814 kg
Agua	= 1164.67	= 1.165 Lt

7. Para un 50% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para un kilo de cemento.

Cemento	= 0.500 kg
Vidrio al 50%	= 0.500 kg
Agregado fino	= 2.005 kg
Agregado grueso	= 3.894 kg
Agua	= 0.666 Lt

Para la fabricación de la probeta N° 8.

Cemento	= 875 gr	= 0.875 kg
Vidrio al 50%	= 875 gr	= 0.875 kg
Agregado fino	= 3508.97	= 3.509 kg
Agregado grueso	= 6814.21	= 6.814 kg
Agua	= 1164.67	= 1.165 Lt.

Para el comportamiento del concreto con sus diferentes dosificaciones.

Ensayo de compresión axial.

Determinación de la fuerza a la compresión en kg/cm2.

Laboratorio DOSED.

- F'c de diseño = 210 kg/cm2.
- Fecha de vaciado = 30/11/2017
- Fecha de rotura = 28/12/2017
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 16. Determinación de la fuerza a la compresión axial, laboratorio DOSED.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diámetro (cm)	Área (cm)	F'c (kg/cm2)
2	Con 2% de vidrio incorporado	494.78	15.00	176.71	285.50
3	Con 5% de vidrio incorporado	504.18	15.00	176.71	290.93
4	Con 7% de vidrio incorporado	513.16	15.00	176.71	296.11
5	Con 10% de vidrio incorporado	363.92	15.00	176.71	209.99
6	Con 15% de vidrio incorporado	233.05	15.00	176.71	134.48
7	Con 25% de vidrio incorporado	189.51	15.00	176.71	109.35
8	Con 50% de vidrio incorporado	76.24	15.00	176.71	43.99

Fuente: elaboración propia.

Calculo del área en Cm.

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (D^2)}{4}$$

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (15^2 \text{ cm})}{4}$$

$$\text{Área (cm)} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Calculo de los F'c alcanzados por cada dosificación.

$$F'c = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Area}} * fc$$

Para el 2% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{494.78}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 285.50 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 5% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{504.18}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 290.93 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 7% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{513.16}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 296.11 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 10% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{363.92}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 209.99 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 15% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{233.05}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 134.48 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 25% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{189.51}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 109.35 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 50% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{76.24}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 43.99 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio GOVIL.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 10/01/2018
- Fecha de rotura = 14/02/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 17. Determinación de la compresión axial, laboratorio GOVIL.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diámetro (cm)	Área (cm)	F'c (kg/cm ²)
2	Con 2% de vidrio incorporado	466.18	15.00	176.71	269.00
3	Con 5% de vidrio incorporado	600.26	15.00	176.71	346.37
4	Con 7% de vidrio incorporado	606.58	15.00	176.71	350.02
5	Con 10% de vidrio incorporado	371.23	15.00	176.71	214.21
6	Con 15% de vidrio incorporado	253.34	15.00	176.71	146.19
7	Con 25% de vidrio incorporado	178.66	15.00	176.71	103.09
8	Con 50% de vidrio incorporado	74.16	15.00	176.71	42.79

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del área en Cm.

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (D^2)}{4}$$

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (15^2 \text{ cm})}{4}$$

$$\text{Área (cm)} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Calculo de los F'c alcanzados por cada dosificación.

$$F'c = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Area}} * fc$$

Para el 2% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{466.18}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 269.00 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 5% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{600.26}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 346.37 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 7% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{606.58}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 350.02 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 10% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{371.23}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 214.21 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 15% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{253.34}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 146.19 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 25% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{178.66}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 103.09 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 50% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{74.16}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 42.79 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio FULL CALIDAD.

- $F'c$ de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 15/03/2018
- Fecha de rotura = 12/04/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 18. Determinación de la compresión axial, laboratorio FULL CALIDAD.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diámetro (cm)	Área (cm)	F'c (kg/cm2)
2	Con 2% de vidrio incorporado	584.33	15.00	176.71	337.18
3	Con 5% de vidrio incorporado	568.24	15.00	176.71	327.89
4	Con 7% de vidrio incorporado	658.30	15.00	176.71	379.86
5	Con 10% de vidrio incorporado	355.97	15.00	176.71	205.41
6	Con 15% de vidrio incorporado	270.66	15.00	176.71	156.18
7	Con 25% de vidrio incorporado	158.91	15.00	176.71	91.47
8	Con 50% de vidrio incorporado	66.85	15.00	176.71	38.57

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del área en Cm.

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (D^2)}{4}$$

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (15^2 \text{ cm})}{4}$$

$$\text{Área (cm)} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Calculo de los F'c alcanzados por cada dosificación.

$$F'c = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Area}} * fc$$

Para el 2% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{584.33}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 337.18 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 5% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{568.24}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 327.89 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 7% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{658.30}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 379.86 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 10% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{355.97}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 205.41 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 15% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{270.66}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 156.18 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 25% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{158.91}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 91.47 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 50% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{66.85}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 38.57 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de la resistencia promedio de las probetas ensayadas en los laboratorios.

Tabla 19. Resistencia promedio en kg/cm2. Probeta N° 2

Probeta N°2						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
2%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	286
2%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	269
2%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	337
Resistencia promedio en (kgcm2)						
F'c (kg/cm2)		Edad (días)				
297		28				

Fuente. Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{286 + 269 + 337}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 297.33 \text{ kg/cm}^2$$

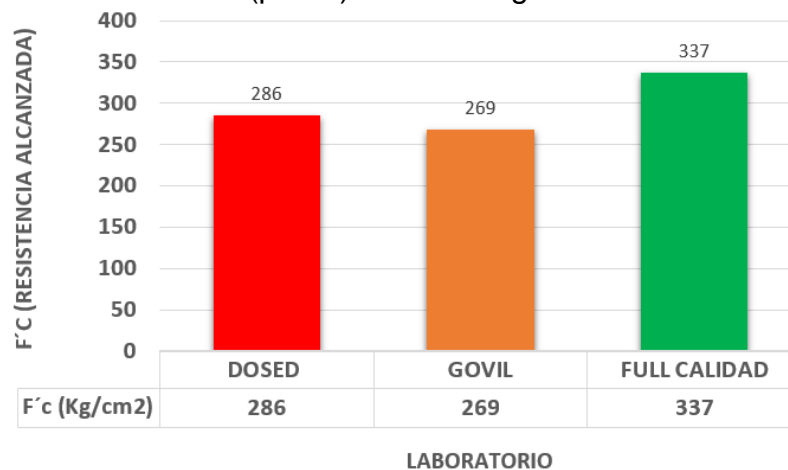


Figura 90. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N°2

Tabla 20. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 3

Probeta N°3						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
5%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	291
5%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	346
5%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	328
Resistencia promedio en (kgcm2)						
F'c (kg/cm2)		Edad (días)				
322		28				

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R \text{ (prom.)} = \frac{291 + 346 + 328}{3}$$

$$R \text{ (prom.)} = 321.67 \text{ kg/cm}^2$$

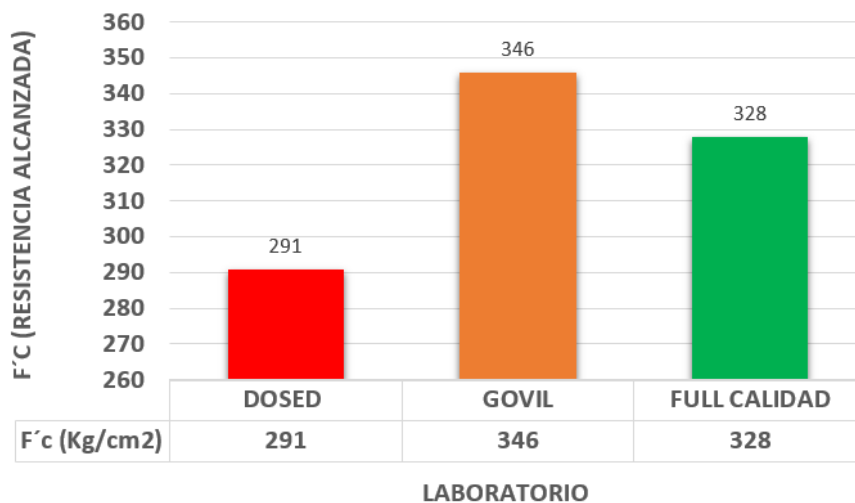


Figura 91. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 3.

Tabla 21. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 4

Probeta N°4						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
7%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	296
7%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	350
7%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	379
Resistencia promedio en (kgcm2)						
F'c (kg/cm2)		Edad (días)				
342		28				

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R \text{ (prom.)} = \frac{296 + 350 + 379}{3}$$

$$R \text{ (prom.)} = 341.67 \text{ kg/cm}^2$$

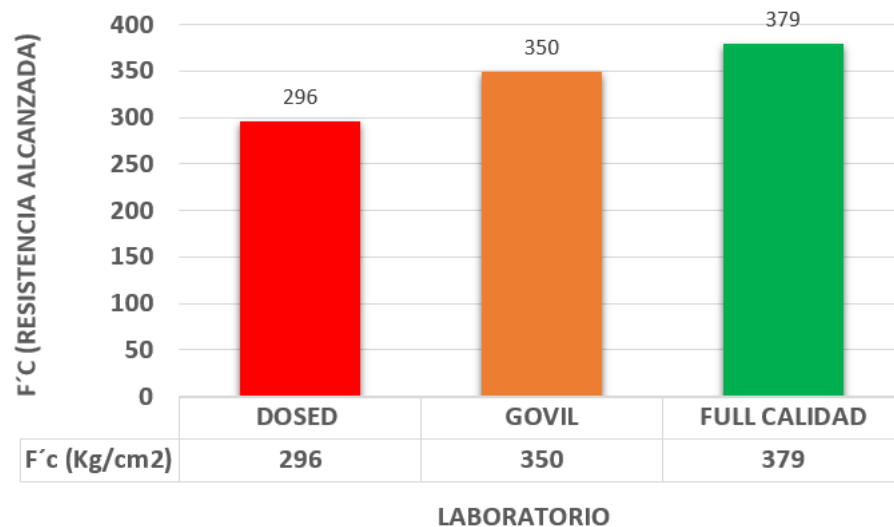


Figura 92. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 4.

Tabla 22. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 5

Probeta N°5						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
10%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	210
10%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	214
10%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	205

Resistencia promedio en (kgcm2)

F'c (kg/cm2)	Edad (días)
210	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{210 + 214 + 205}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 209.66 \text{ kg/cm}^2$$

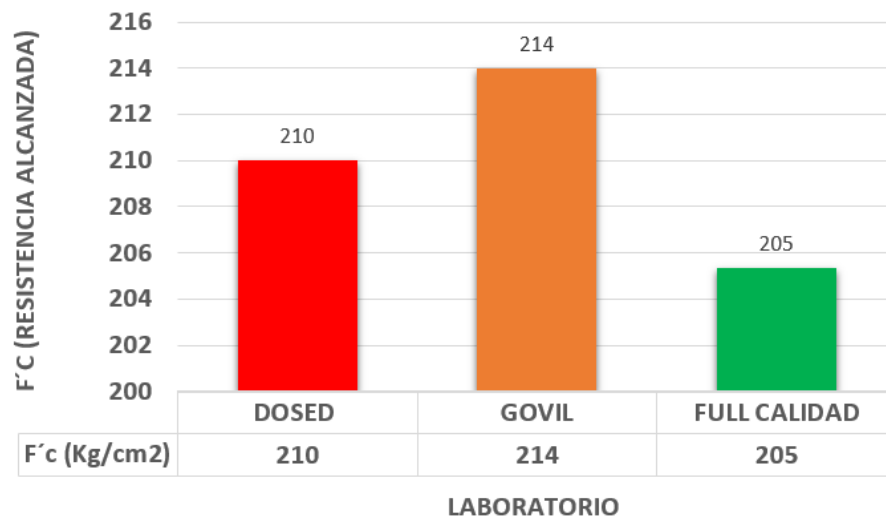


Figura 93. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 5.

Tabla 23. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 6.

Probeta N°6						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
15%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	134
15%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	146
15%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	156

Resistencia promedio en (kgcm2)	
F'c (kg/cm2)	Edad (días)
145	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{134 + 146 + 156}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 145.33 \text{ kg/cm}^2$$

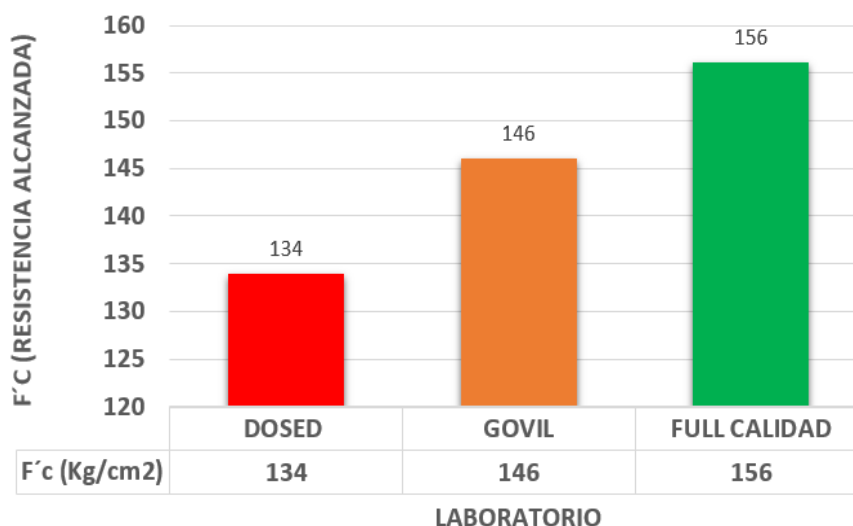


Figura 94. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 6.

Tabla 24. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 7

Probeta N°7						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
25%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	109
25%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	103
25%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	91

Resistencia promedio en (kgcm2)

F'c (kg/cm2)	Edad (días)
101	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R \text{ (prom.)} = \frac{109 + 103 + 91}{3}$$

$$R \text{ (prom.)} = 101.00 \text{ kg/cm}^2$$

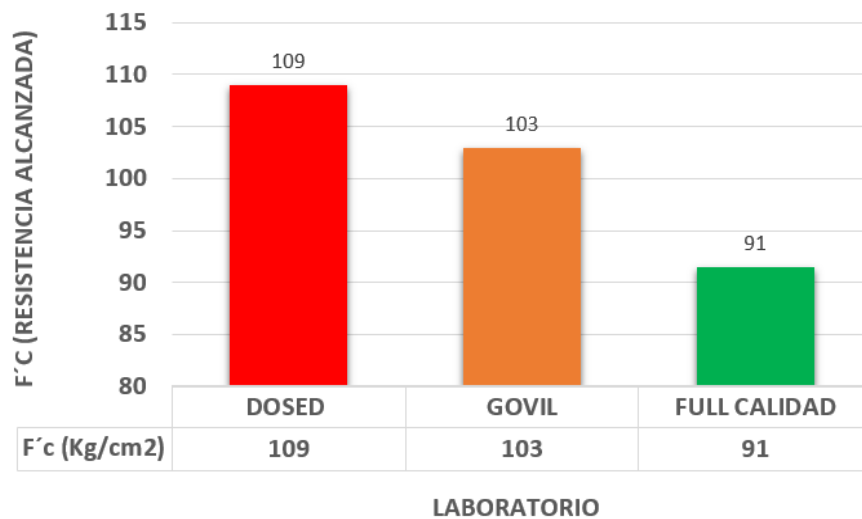


Figura 95. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 7.

Tabla 25. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 8

Probeta N°8						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
50%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	44
50%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	43
50%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	39

Resistencia promedio en (kgcm2)

F'c (kg/cm2)	Edad (días)
42	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{44 + 43 + 39}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 42.00 \text{ kg/cm}^2$$

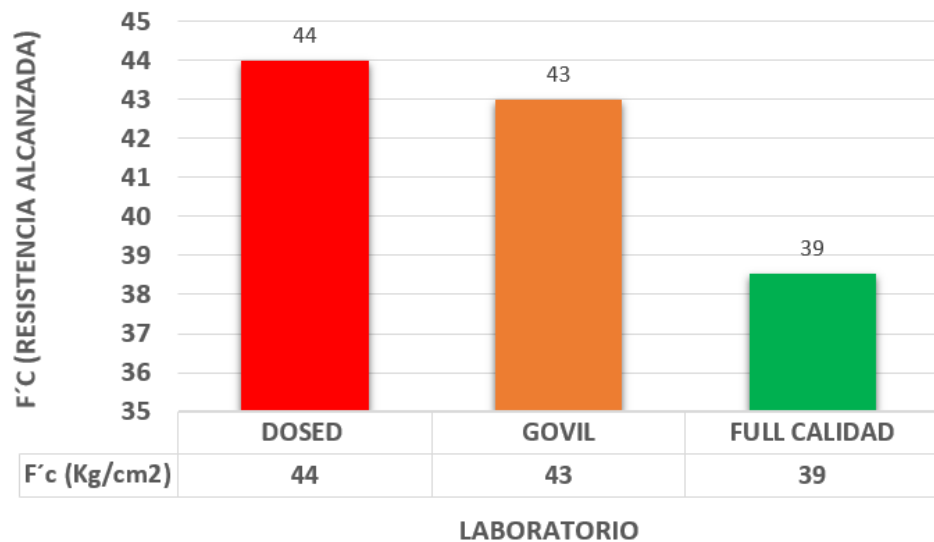


Figura 96. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 8.

Resumen de las resistencias obtenidas, resistencias últimas.

Tabla 26. Resumen de las resistencias últimas.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	Porcentaje	F'c (kg/cm2)
2	210	28	2%	297
3	210	28	5%	322
4	210	28	7%	342
5	210	28	10%	210
6	210	28	15%	145
7	210	28	25%	101
8	210	28	50%	42

Fuente: Elaboración propia.

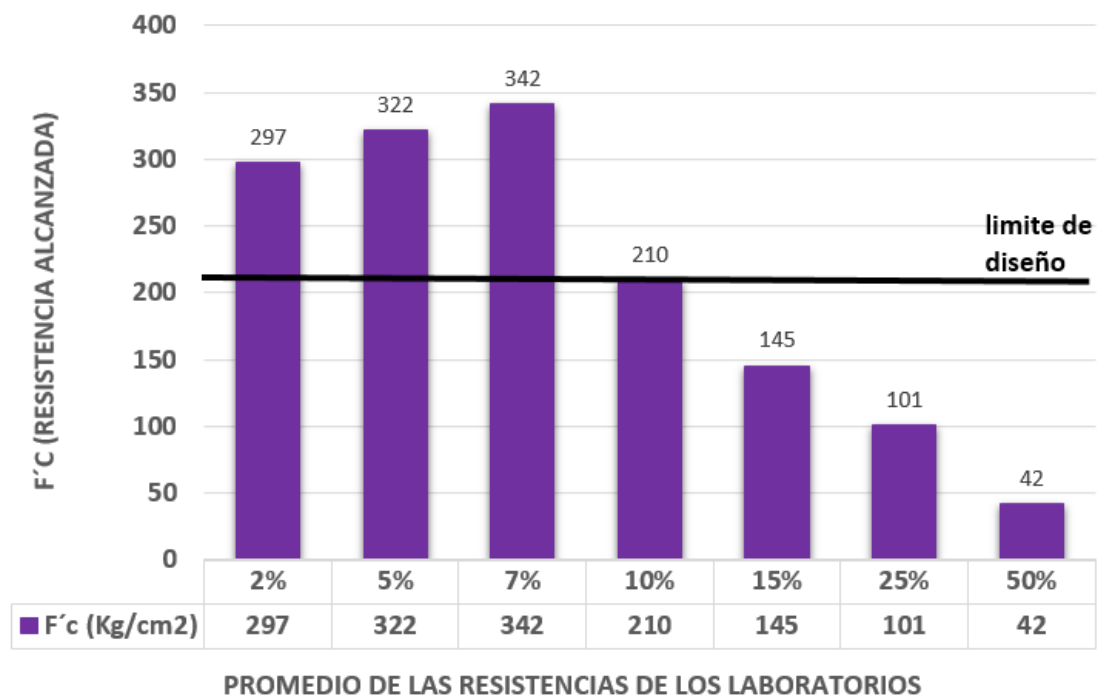


Figura 97. Resumen de los promedios de las resistencias obtenidas en los tres laboratorios.

Ensayo de compresión o tracción diametral.

Determinación de la fuerza a la compresión por tracción diametral en kg/cm².

Laboratorio DOSED.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 30/11/2017
- Fecha de rotura = 28/12/2017
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 27. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio DOSED.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diám. (cm)	Long. (cm)	F'c (kg/cm ²)
2	Con 2% de vidrio incorporado	160.34	15.20	30.20	45.35
3	Con 5% de vidrio incorporado	189.63	15.20	30.20	53.63
4	Con 7% de vidrio incorporado	171.12	15.20	30.20	48.40
5	Con 10% de vidrio incorporado	142.21	15.20	30.20	40.22
6	Con 15% de vidrio incorporado	137.35	15.20	30.20	38.85
7	Con 25% de vidrio incorporado	111.78	15.20	30.20	31.62
8	Con 50% de vidrio incorporado	42.02	15.20	30.20	11.88

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de los F'c alcanzados por cada dosificación.

$$F'c = \frac{(4 * \text{Carga Maxima}) * fc}{\pi * D * L}$$

Para el 2% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 160.34) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 45.35 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 5% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 189.63) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 53.63 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 7% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 171.12) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 48.40 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 10% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 142.21) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 40.22 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 15% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 137.35) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 38.85 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 25% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 111.78) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 31.62 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 50% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 42.02) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 11.88 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio GOVIL.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 10/01/2018
- Fecha de rotura = 14/02/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 28. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio GOVIL.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diám. (cm)	Long. (cm)	F'c (kg/cm ²)
2	Con 2% de vidrio incorporado	181.92	15.20	30.20	51.45
3	Con 5% de vidrio incorporado	214.84	15.20	30.20	60.76
4	Con 7% de vidrio incorporado	199.20	15.20	30.20	56.34
5	Con 10% de vidrio incorporado	135.47	15.20	30.20	38.32
6	Con 15% de vidrio incorporado	125.13	15.20	30.20	35.39
7	Con 25% de vidrio incorporado	120.76	15.20	30.20	34.16
8	Con 50% de vidrio incorporado	37.06	15.20	30.20	10.48

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de los F'c alcanzados por cada dosificación.

$$F'c = \frac{(4 * \text{Carga Maxima}) * fc}{\pi * D * L}$$

Para el 2% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 181.92) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 51.45 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 5% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 214.84) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 60.76 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 7% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 199.20) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 56.34 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 10% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 135.47) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 38.32 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 15% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 125.13) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 35.39 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 25% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 120.76) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 34.16 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 50% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 37.06) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 10.48 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio FULL CALIDAD.

- $F'c$ de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 15/03/2018
- Fecha de rotura = 12/04/2018
- Edad (días) = 28

- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 29. Determinación de la compresión axial, laboratorio FULL CALIDAD.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diám. (cm)	Long. (cm)	F'c (kg/cm2)
2	Con 2% de vidrio incorporado	168.76	15.20	30.20	47.73
3	Con 5% de vidrio incorporado	160.81	15.20	30.20	45.48
4	Con 7% de vidrio incorporado	162.90	15.20	30.20	46.07
5	Con 10% de vidrio incorporado	114.38	15.20	30.20	32.35
6	Con 15% de vidrio incorporado	97.16	15.20	30.20	27.48
7	Con 25% de vidrio incorporado	69.83	15.20	30.20	19.75
8	Con 50% de vidrio incorporado	27.20	15.20	30.20	7.69

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de los F'c alcanzados por cada dosificación.

$$F'c = \frac{(4 * \text{Carga Maxima}) * fc}{\pi * D * L}$$

Para el 2% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 168.76) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 47.73 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 5% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 160.81) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 45.48 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 7% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 162.90) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 46.07 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 10% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 114.38) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 32.35 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 15% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 97.16) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 27.48 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 25% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 69.83) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 19.75 \text{ kg/cm}^2$$

Para el 50% de vidrio incorporado.

$$F'c = \frac{(4 * 27.20) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 7.69 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de la resistencia promedio de las probetas ensayadas en los laboratorios.

Tabla 30. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 2.

Probeta N°2						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
2%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	45
2%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	51
2%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	48

Resistencia promedio en (kgcm2)	
F'c (kg/cm2)	Edad (días)
48	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{45 + 51 + 48}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 48.00 \text{ kg/cm}^2$$

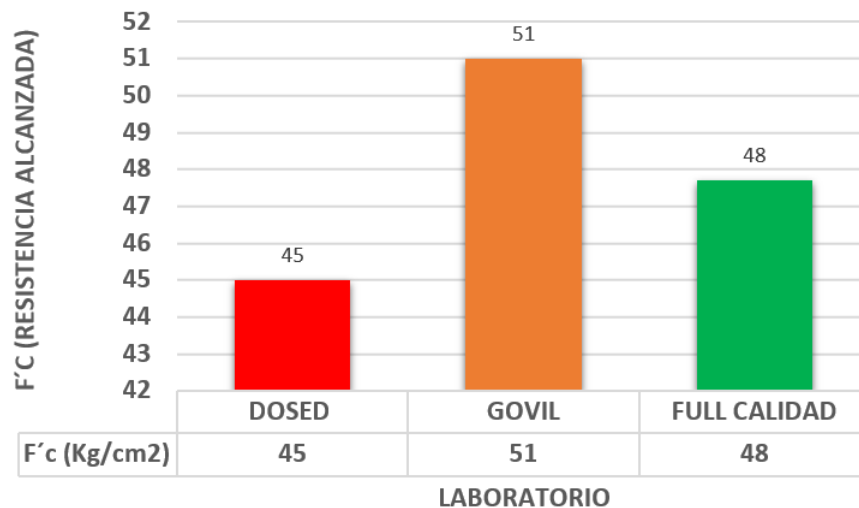


Figura 98. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 2.

Tabla 31. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 3.

Probeta N°3						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
5%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	54
5%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	61
5%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	45

Resistencia promedio en (kgcm2)	
F'c (kg/cm2)	Edad (días)
53	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R \text{ (prom.)} = \frac{54 + 61 + 45}{3}$$

$$R \text{ (prom.)} = 53.34 \text{ kg/cm}^2$$

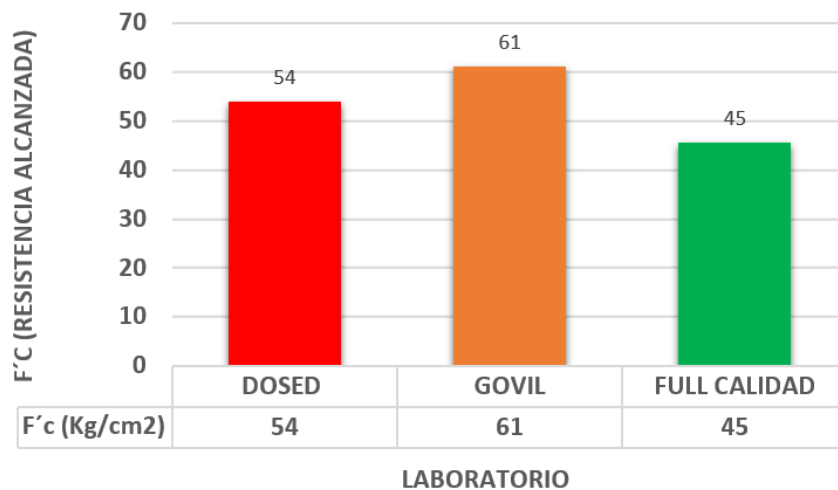


Figura 99. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 3.

Tabla 32. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 4.

Probeta N°4						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
7%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	48
7%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	56
7%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	46

Resistencia promedio en (kgcm2)

F'c (kg/cm2)	Edad (días)
50	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{48 + 56 + 46}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 50.00 \text{ kg/cm}^2$$

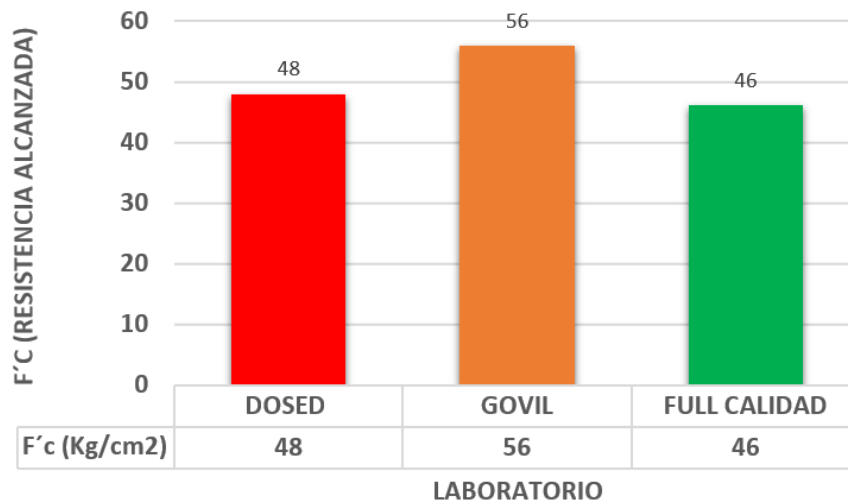


Figura 100. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 4.

Tabla 33. Resistencia promedio en kg/cm², probeta N° 5.

Probeta N°5						
Descripción	F'c (kg/cm ²)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm ²)
10%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	40
10%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	38
10%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	32

Resistencia promedio en (kgcm²)

F'c (kg/cm ²)	Edad (días)
37	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{40 + 38 + 32}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 36.65 \text{ kg/cm}^2$$

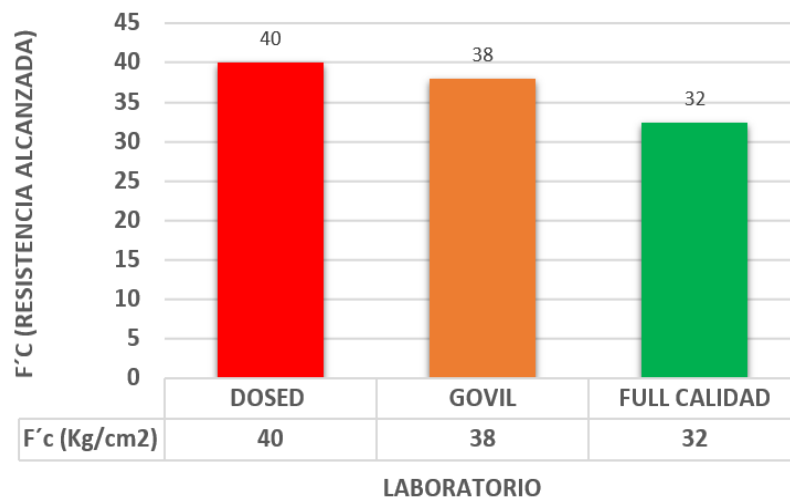


Figura 101. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 5.

Tabla 34. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 6.

Probeta N°6						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
15%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	39
15%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	35
15%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	27
Resistencia promedio en (kgcm2)						
F'c (kg/cm2)		Edad (días)				
34		28				

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R \text{ (prom.)} = \frac{39 + 35 + 27}{3}$$

$$R \text{ (prom.)} = 33.67 \text{ kg/cm}^2$$

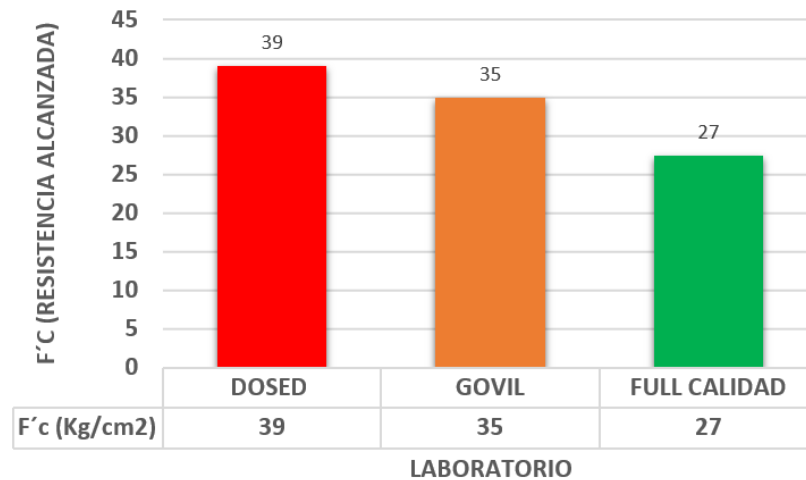


Figura 102. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 6.

Tabla 35. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 7.

Probeta N°7						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
25%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	32
25%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	34
25%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	20

Resistencia promedio en (kgcm2)	
F'c (kg/cm2)	Edad (días)
29	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R \text{ (prom.)} = \frac{32 + 34 + 20}{3}$$

$$R \text{ (prom.)} = 28.66 \text{ kg/cm}^2$$

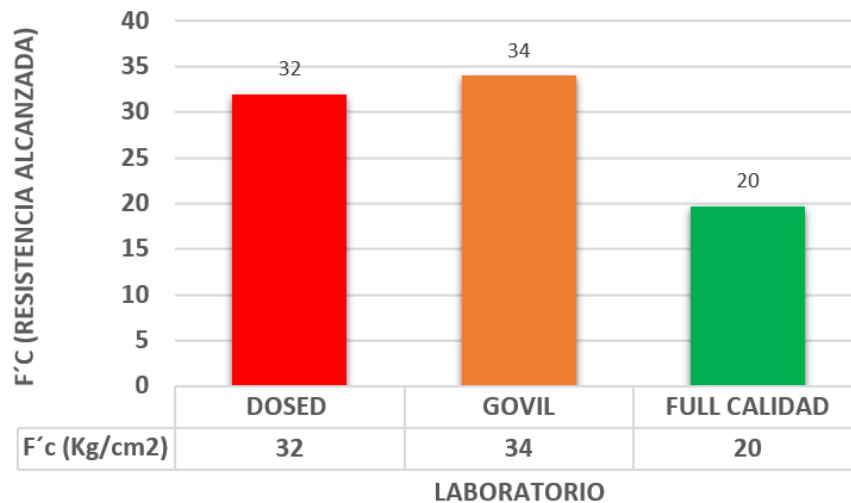


Figura 103. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 7.

Tabla 36. Resistencia promedio en kg/cm2, probeta N° 8.

Probeta N°8						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
50%	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	12
50%	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	10
50%	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	8

Resistencia promedio en (kgcm2)	
F'c (kg/cm2)	Edad (días)
10	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{12 + 10 + 8}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 10.00 \text{ kg/cm}^2$$

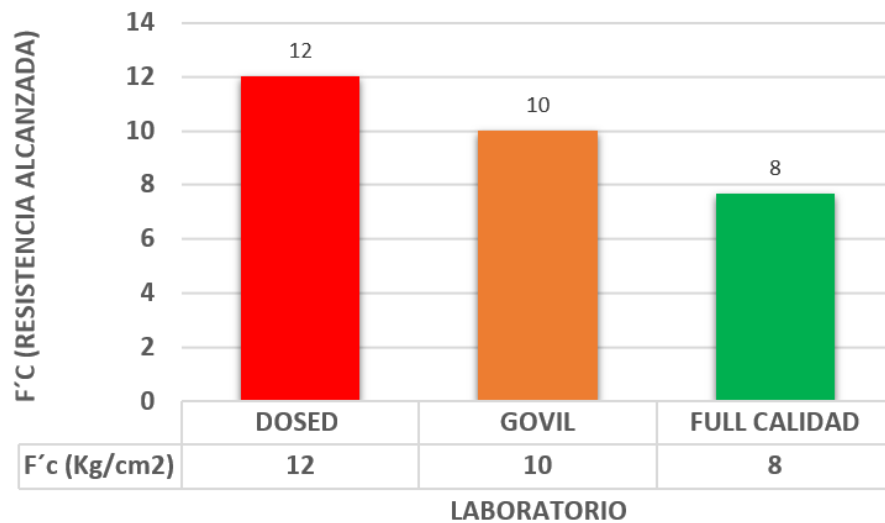


Figura 104. Resistencias alcanzadas en los tres laboratorios, probeta N° 8.

Resumen de las resistencias obtenidas, resistencias últimas.

Tabla 37. Resumen de las resistencias ultimas.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	Porcentaje	F'c (kg/cm2)
2	210	28	2%	48
3	210	28	5%	53
4	210	28	7%	50
5	210	28	10%	37
6	210	28	15%	34
7	210	28	25%	29
8	210	28	50%	10

Fuente: elaboración propia.

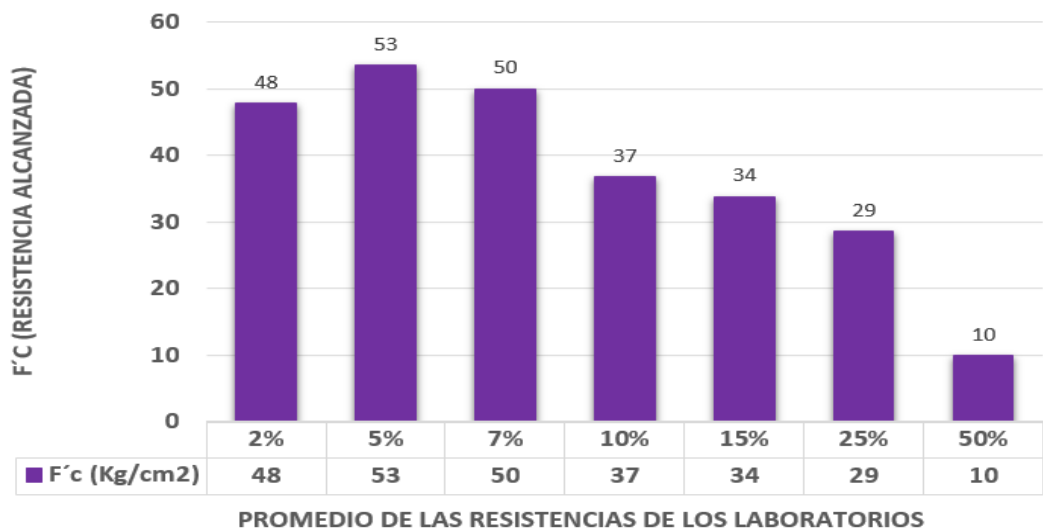


Figura 105. Resumen de los promedios de las resistencias obtenidas en los tres laboratorios.

Trabajabilidad del concreto con la incorporación de dosificaciones de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla.

Mezcla N° 2, con el 2% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla Nº 2, con el 2% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 38. SLUMP del concreto con el 2% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
2	210	3.66	2%	1.44"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 106. SLUMP para el 2% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla Nº 3, con el 5% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 39. SLUMP del concreto con el 5% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
3	210	5.40	5%	2.16"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 107. SLUMP para el 5% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla N° 4, con el 7% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 40. SLUMP del concreto con el 7% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
4	210	6.6	7%	2.64"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 108. SLUMP para el 7% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla N° 5, con el 10% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 41. SLUMP del concreto con el 10% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
5	210	10	10%	4"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 109. SLUMP para el 10% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla N° 6, con el 15% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 42. SLUMP del concreto con el 15% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
6	210	12.2	15%	4.88"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 110. SLUMP para el 15% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla N° 7, con el 25% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 43. SLUMP del concreto con el 25% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
7	210	15.3	25%	6.12"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 111. SLUMP para el 25% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Mezcla N° 8, con el 50% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Tabla 44. SLUMP del concreto con el 50% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
8	210	18.8	50%	7.52"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 112. SLUMP para el 50% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Resumen de las medidas del SLUMP obtenidos en la prueba de trabajabilidad del concreto fresco.

Tabla 45. Resumen de los SLUMP obtenidos en las pruebas de trabajabilidad.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
2	210	2%	1.44"
3	210	5%	2.16"
4	210	7%	2.64"
5	210	10%	4.00"
6	210	15%	4.88"
7	210	25%	6.12"
8	210	50%	7.52"

Fuente: Elaboración propia.

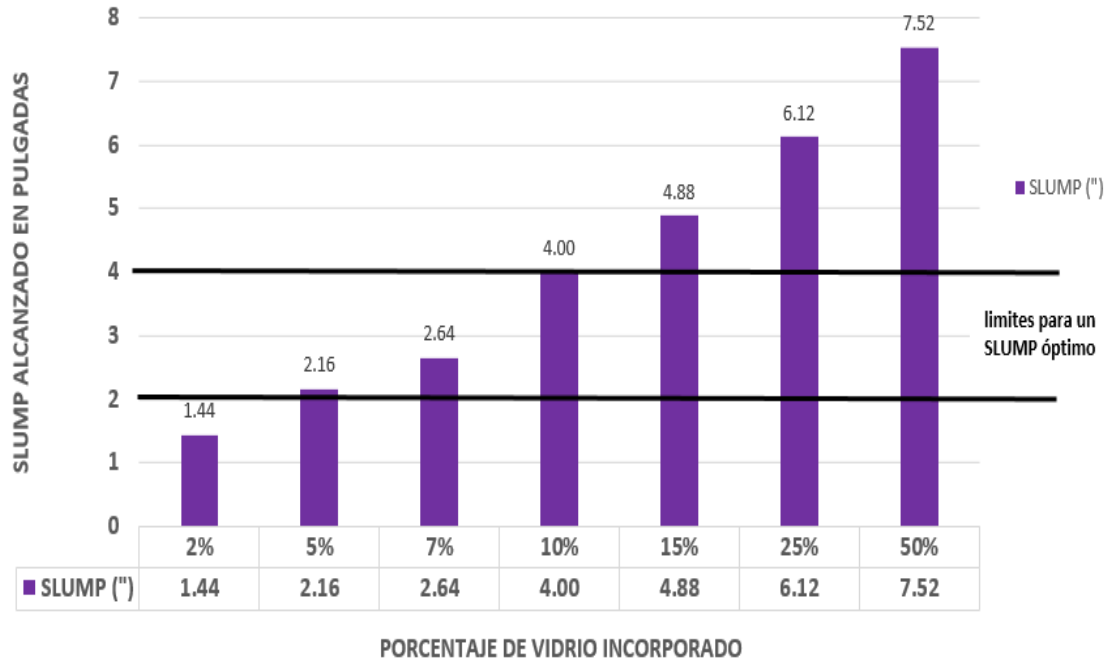


Figura 113. Resumen de las medidas de SLUMP obtenidos por cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

Para la comparación de un concreto convencional con la incorporación de vidrio de sosa cal y sílice en diferentes dosificaciones.

Ensayo de compresión axial.

Laboratorio DOSED.

- $F'c$ de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 01/11/2017
- Fecha de rotura = 29/11/2017
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (f_c) = 101.97

Tabla 46. Determinación de la compresión axial, en el concreto convencional dado por el laboratorio DOSED.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diámetro (cm)	Área (cm)	F'c (kg/cm2)
1	Concreto convencional	366.23	15.00	176.71	211.33

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del área en Cm.

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (D^2)}{4}$$

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (15^2 \text{ cm})}{4}$$

$$\text{Área (cm)} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Calculo del F'c alcanzado.

$$F'c = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Area}} * fc$$

Para el concreto convencional.

$$F'c = \frac{366.23}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 211.33 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio GOVIL.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 17/01/2018
- Fecha de rotura = 14/02/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 47. Determinación de la compresión axial, en el concreto convencional dado por el laboratorio GOVIL.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diámetro (cm)	Área (cm)	F'c (kg/cm2)
1	Concreto convencional	362.36	15.00	176.71	209.09

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del área en Cm.

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (D^2)}{4}$$

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (15^2 \text{ cm})}{4}$$

$$\text{Área (cm)} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Calculo del F'c alcanzado.

$$F'c = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Area}} * fc$$

Para el concreto convencional.

$$F'c = \frac{362.36}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 209.09 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio FULL CALIDAD.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 15/03/2018
- Fecha de rotura = 12/04/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 48. Determinación de la compresión axial, en el concreto convencional dado por el laboratorio FULL CALIDAD.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diámetro (cm)	Área (cm)	F'c (kg/cm2)
1	Concreto convencional	372.27	15.00	176.71	214.81

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del área en Cm.

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (D^2)}{4}$$

$$\text{Area (cm)} = \frac{\pi * (15^2 \text{ cm})}{4}$$

$$\text{Área (cm)} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Calculo del F'c alcanzado.

$$F'c = \frac{\text{Carga Maxima}}{\text{Area}} * fc$$

Para el concreto convencional.

$$F'c = \frac{372.27}{176.71} * 101.97$$

$$F'c = 214.81 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de la resistencia promedio del concreto convencional, ensayo de compresión axial.

Tabla 49. Resistencia promedio en kg/cm2, CONCRETO CONVENCIONAL.

Concreto convencional						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
C° conven.	210	01/11/2017	29/11/2017	28	DOSED	211
C° conven.	210	10/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	209
C° conven.	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	215
Resistencia promedio en (kgcm2)						
		F'c (kg/cm2)	Edad (días)			
		212	28			

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{211 + 209 + 215}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 211.67 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 50. Resumen de las resistencias ultimas, para la comparación.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	Porcentaje	F'c (kg/cm2)
1	210	28	Concreto convencional	212
2	210	28	2%	297
3	210	28	5%	322
4	210	28	7%	342
5	210	28	10%	210
6	210	28	15%	145
7	210	28	25%	101
8	210	28	50%	42

Fuente: Elaboración propia.

Probeta 1 vs probeta 2

Tabla 51. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 2	210	28	Con 2% de vidrio incorporado	297

Fuente: Elaboración propia.

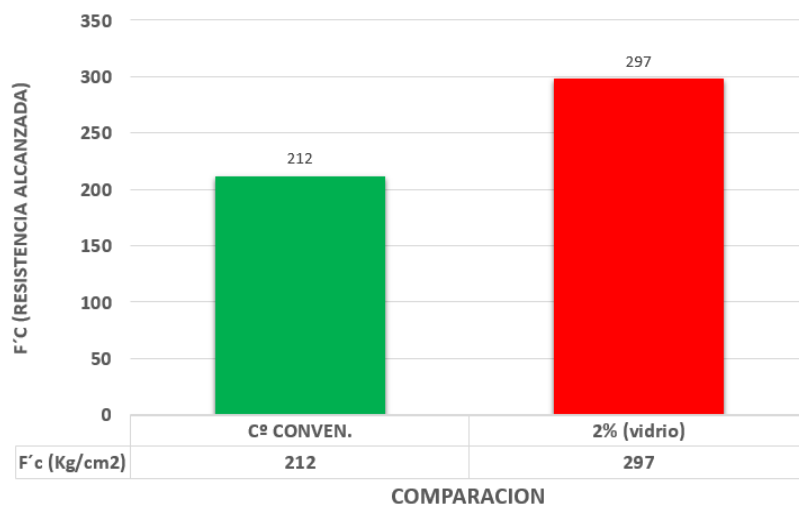


Figura 114. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 3

Tabla 52. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 3	210	28	Con 5% de vidrio incorporado	322

Fuente: Elaboración propia.

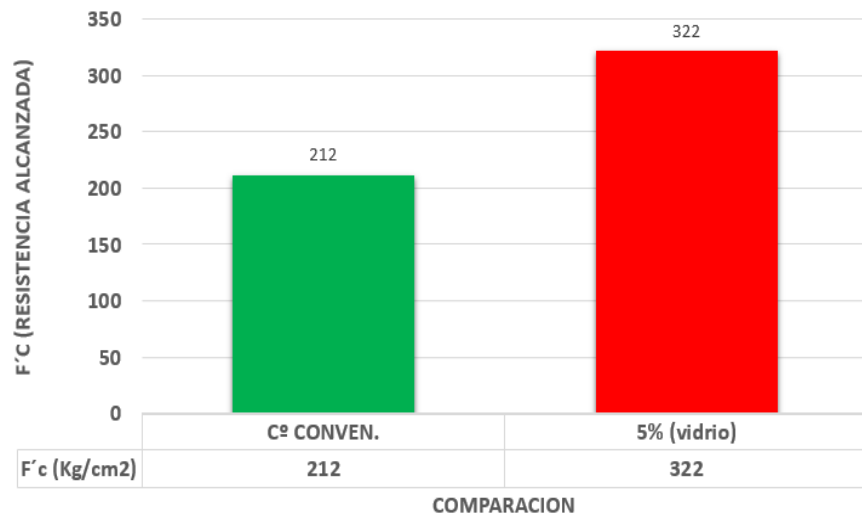


Figura 115. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 4

Tabla 53. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 4	210	28	Con 7% de vidrio incorporado	342

Fuente: Elaboración propia.

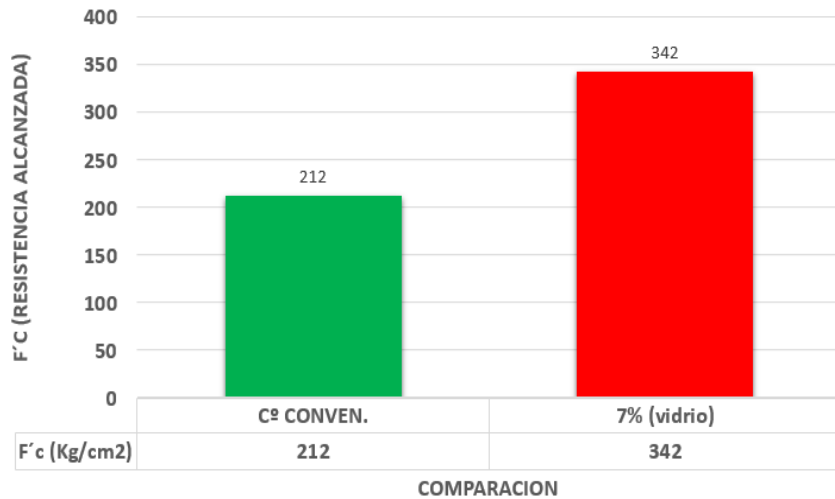


Figura 116. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 5

Tabla 54. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 5	210	28	Con 10% de vidrio incorporado	210

Fuente: Elaboración propia.

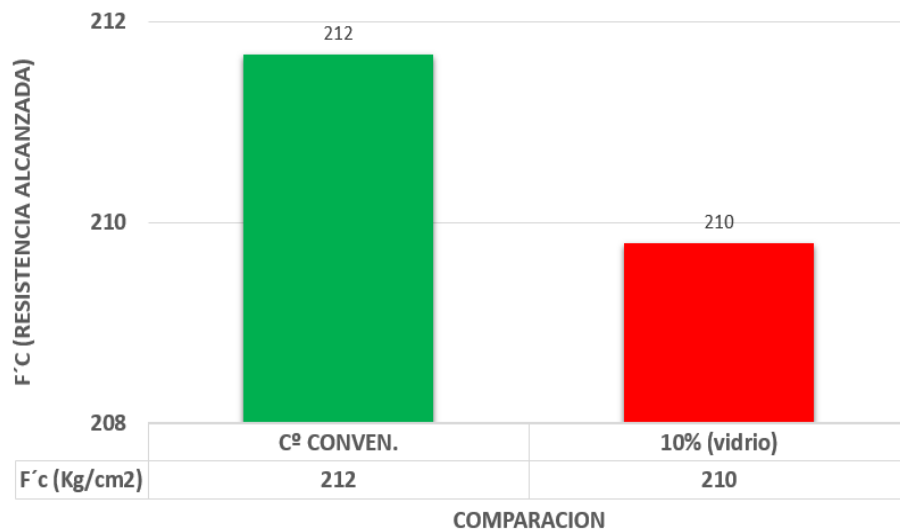


Figura 117. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 6

Tabla 55. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 6	210	28	Con 15% de vidrio incorporado	145

Fuente: Elaboración propia.

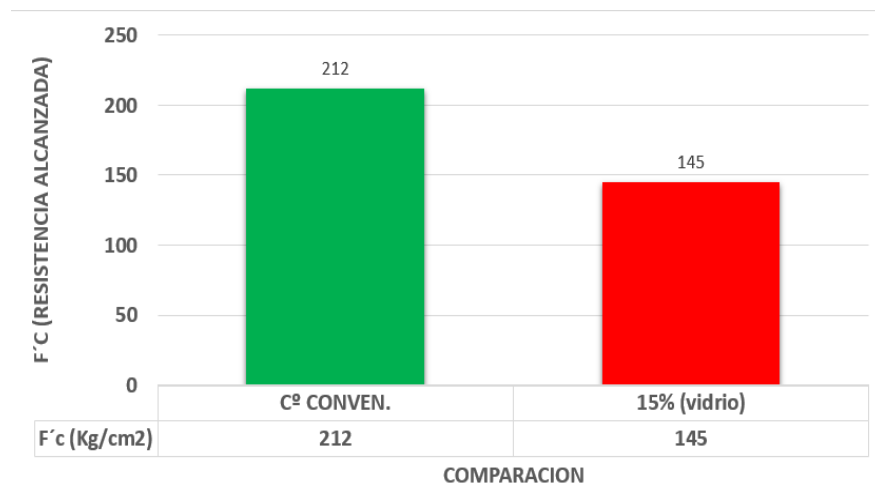


Figura 118. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 7

Tabla 56. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 7	210	28	Con 25% de vidrio incorporado	101

Fuente: Elaboración propia.

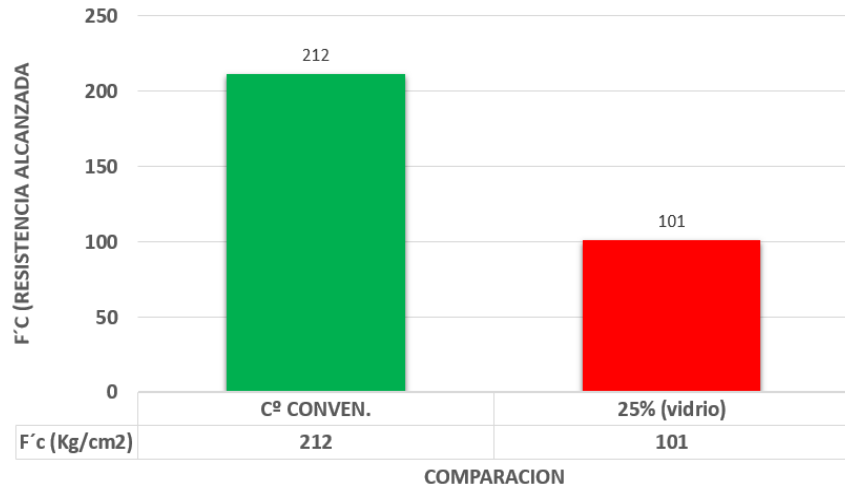


Figura 119. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 8

Tabla 57. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	212
Probeta 8	210	28	Con 50% de vidrio incorporado	42

Fuente: Elaboración propia.

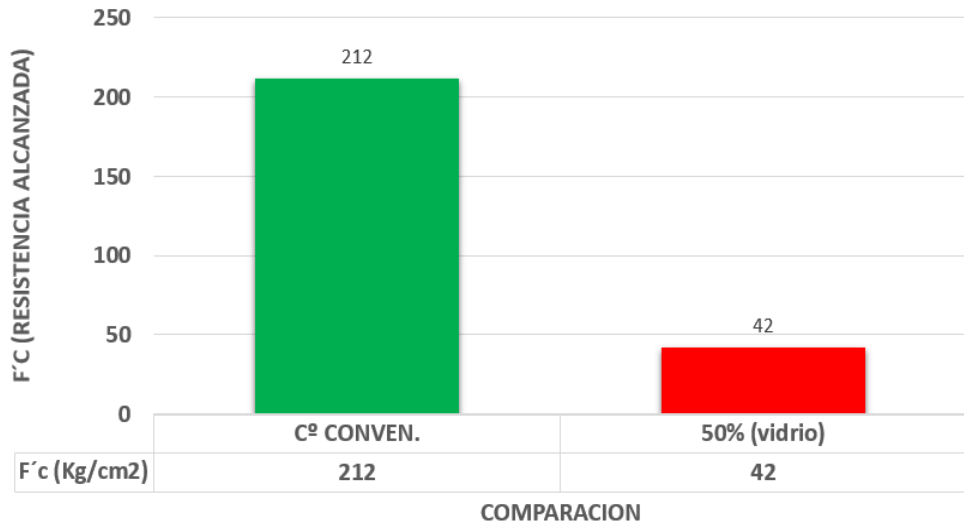


Figura 120. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado a su mezcla.

Comparación final de las probetas sometidas al ensayo de compresión axial.

Tabla 58. Cuadro comparativo de las resistencias alcanzadas por el concreto convencional vs las dosificaciones de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla, para ensayo de compresión axial.

Descripción		Comparación
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 2% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 2	212	297
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 5% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 3	212	322
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 7% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 4	212	342
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 10% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 5	212	210
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 15% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 6	212	145
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 25% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 7	212	101
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 50% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 8	212	42

Fuente: Elaboración propia.

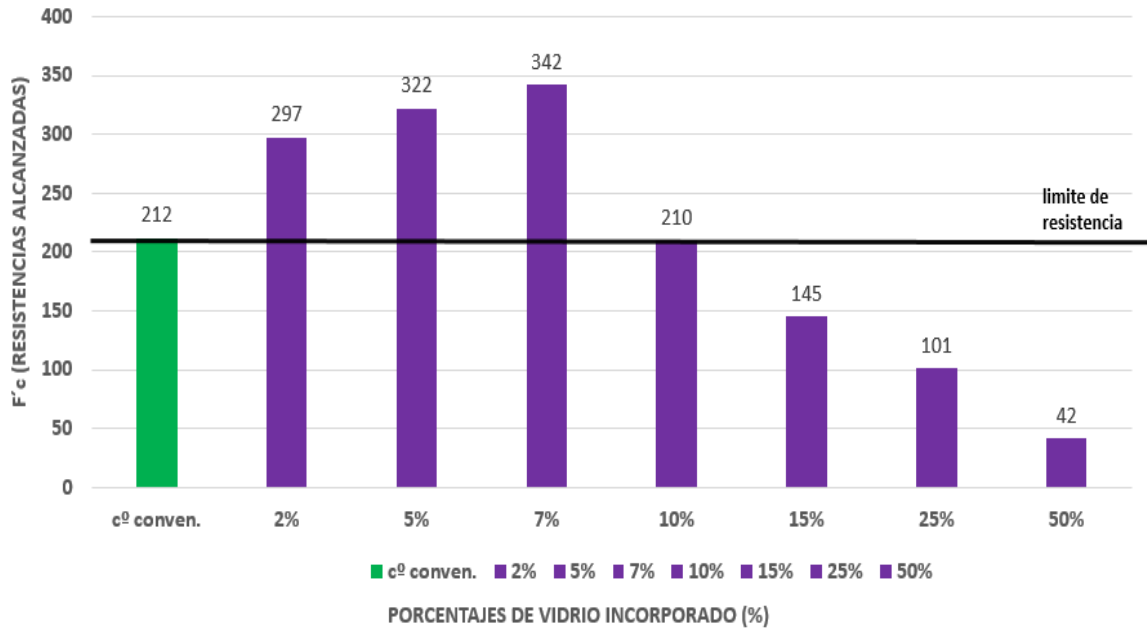


Figura 121. Comparación de las resistencias ensayo de compresión axial.

Ensayo de compresión por tracción diametral.

Laboratorio DOSED.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 30/11/2017
- Fecha de rotura = 28/12/2017
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 59. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio DOSED.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diám. (cm)	Long. (cm)	F'c (kg/cm ²)
1	concreto convencional	141.17	15.20	30.20	39.93

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del F'c alcanzado.

$$F'c = \frac{(4 * \text{Carga Maxima}) * fc}{\pi * D * L}$$

Para el concreto convencional.

$$F'c = \frac{(4 * 141.17) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 39.93 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio GOVIL.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 17/01/2018
- Fecha de rotura = 14/02/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 60. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio GOVIL.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diám. (cm)	Long. (cm)	F'c (kg/cm ²)
1	concreto convencional	147.23	15.20	30.20	41.64

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del F'c alcanzado.

$$F'c = \frac{(4 * \text{Carga Maxima}) * fc}{\pi * D * L}$$

Para el concreto convencional.

$$F'c = \frac{(4 * 147.23) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 41.64 \text{ kg/cm}^2$$

Laboratorio FULL CALIDAD.

- F'c de diseño = 210 kg/cm²
- Fecha de vaciado = 15/03/2018

- Fecha de rotura = 12/04/2018
- Edad (días) = 28
- Factor de conversión (fc) = 101.97

Tabla 61. Determinación de la compresión por tracción diametral, laboratorio FULL CALIDAD.

Muestra	Descripción	Carga máxima (kn)	Diám. (cm)	Long. (cm)	F'c (kg/cm2)
1	concreto convencional	128.52	15.20	30.20	36.36

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del F'c alcanzado.

$$F'c = \frac{(4 * \text{Carga Maxima}) * fc}{\pi * D * L}$$

Para el concreto convencional.

$$F'c = \frac{(4 * 128.52) * 101.97}{\pi * 15.20 * 30.20}$$

$$F'c = 36.36 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo de la resistencia promedio del concreto convencional, ensayo de compresión por tracción diametral.

Tabla 62. Resistencia promedio en kg/cm2, CONCRETO CONVENCIONAL.

Probeta N°4						
Descripción	F'c (kg/cm2)	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	laboratorio	F'c (kg/cm2)
C° conven.	210	30/11/2017	28/12/2017	28	DOSED	40
C° conven.	210	17/01/2018	14/02/2018	28	GOVIL	42
C° conven.	210	15/03/2018	12/04/2018	28	FULL CALIDAD	36

Resistencia promedio en (kgcm2)

F'c (kg/cm2)	Edad (días)
39.33	28

Fuente: Elaboración propia.

Calculo de la resistencia promedio a la edad de 28 días:

$$R (\text{prom.}) = \frac{40 + 42 + 36}{3}$$

$$R (\text{prom.}) = 39.33 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 63. Resumen de las resistencias ultimas.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	Porcentaje	F'c (kg/cm2)
1	210	28	Concreto convencional	39
2	210	28	2%	48
3	210	28	5%	53
4	210	28	7%	50
5	210	28	10%	37
6	210	28	15%	34
7	210	28	25%	29
8	210	28	50%	10

Fuente: elaboración propia.

Probeta 1 vs probeta 2

Tabla 64. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 2	210	28	Con 2% de vidrio incorporado	48

Fuente: Elaboración propia.

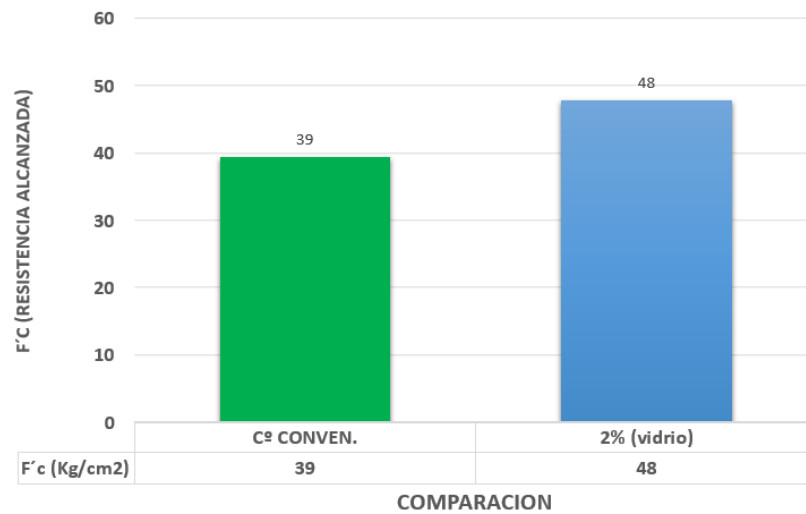


Figura 122. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 2% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 3

Tabla 65. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 3	210	28	Con 5% de vidrio incorporado	53

Fuente: Elaboración propia.

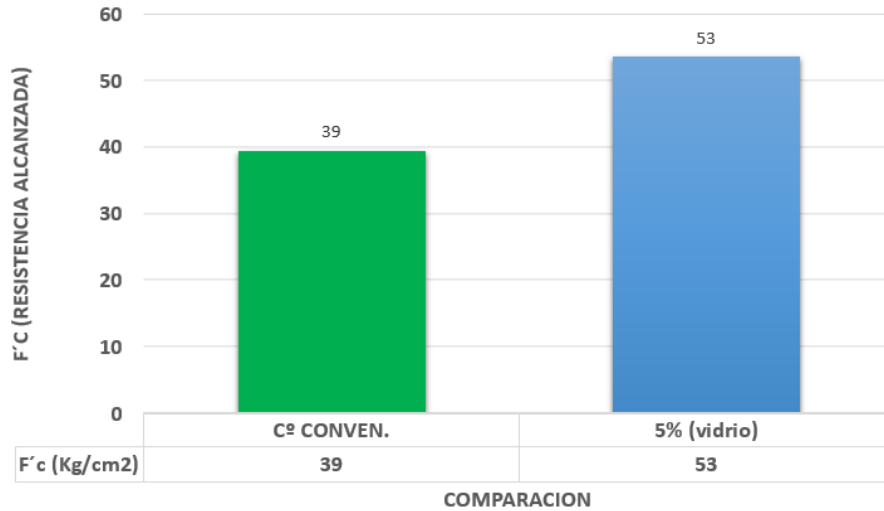


Figura 123. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 5% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 4

Tabla 66. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 4	210	28	Con 7% de vidrio incorporado	50

Fuente: Elaboración propia.

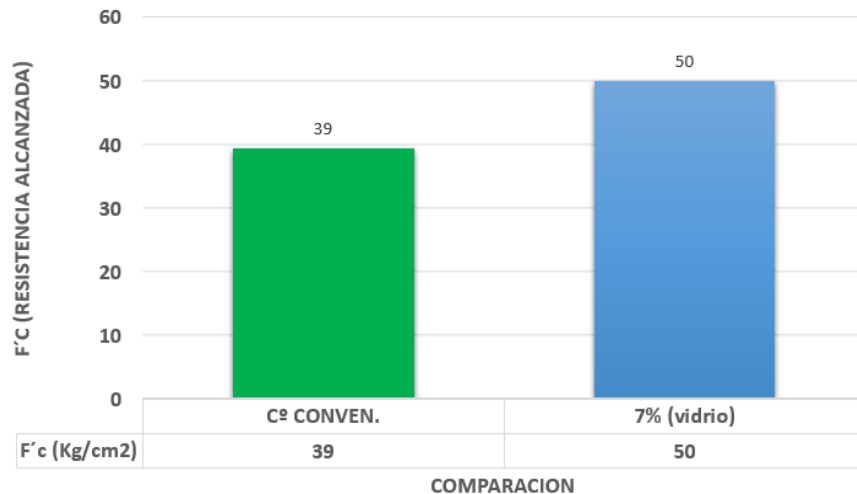


Figura 124. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 7% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 5

Tabla 67. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 5	210	28	Con 10% de vidrio incorporado	48

Fuente: Elaboración propia.

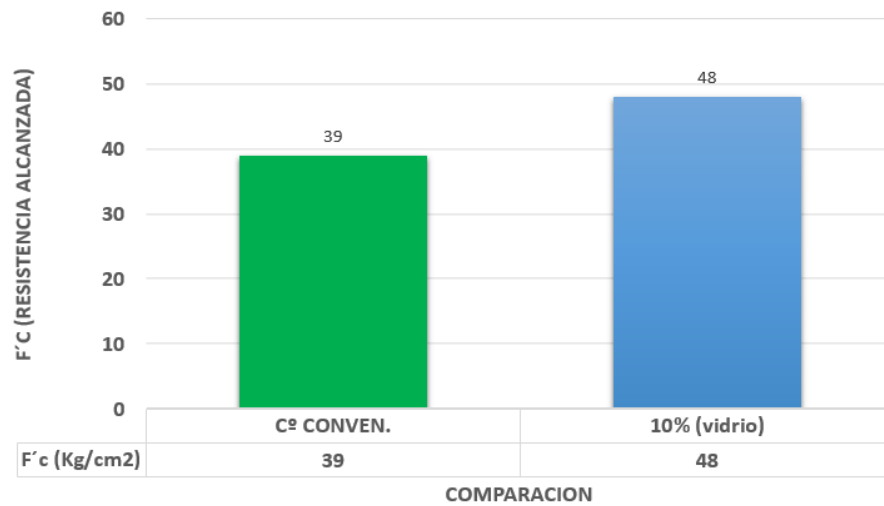


Figura 125. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 10% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 6

Tabla 68. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 6	210	28	Con 15% de vidrio incorporado	34

Fuente: Elaboración propia.

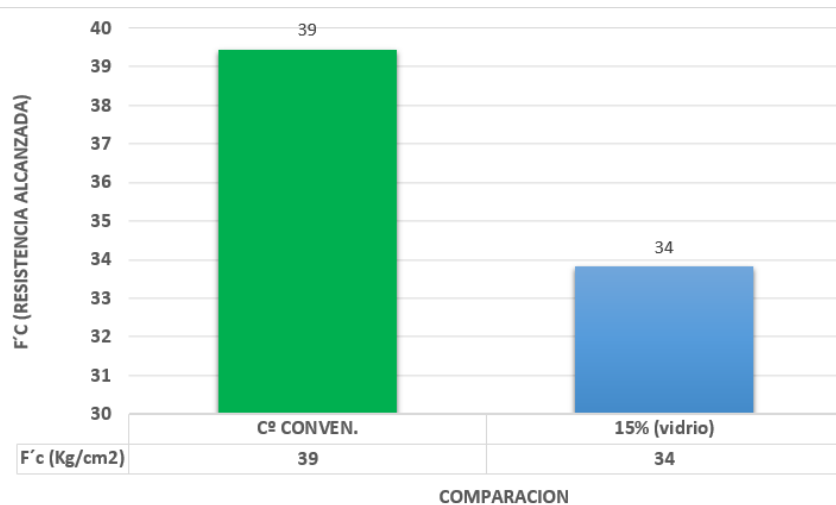


Figura 126. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 15% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 7

Tabla 69. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 7	210	28	Con 25% de vidrio incorporado	29

Fuente: Elaboración propia.

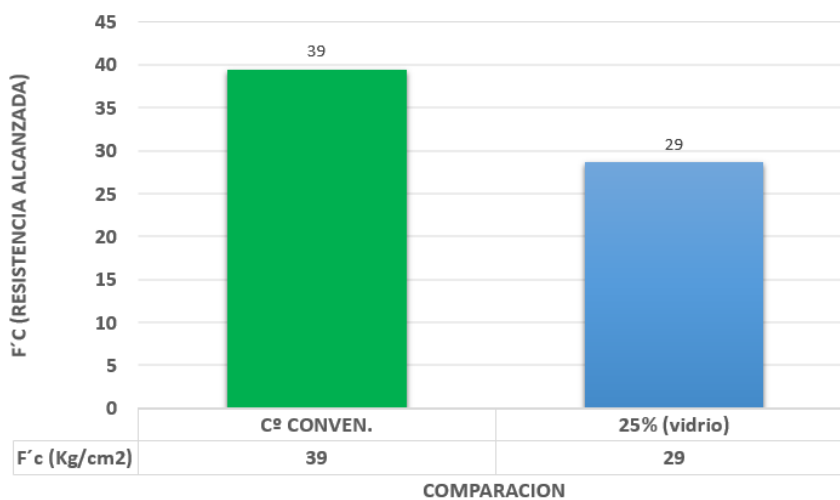


Figura 127. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 25% de vidrio incorporado a su mezcla.

Probeta 1 vs probeta 8

Tabla 70. Comparación entre la resistencia alcanzada de la misma mezcla de concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	descripción	F'c (kg/cm2)
Probeta 1	210	28	Cº convencional, sin vidrio incorporado	39
Probeta 8	210	28	Con 50% de vidrio incorporado	10

Fuente: Elaboración propia.

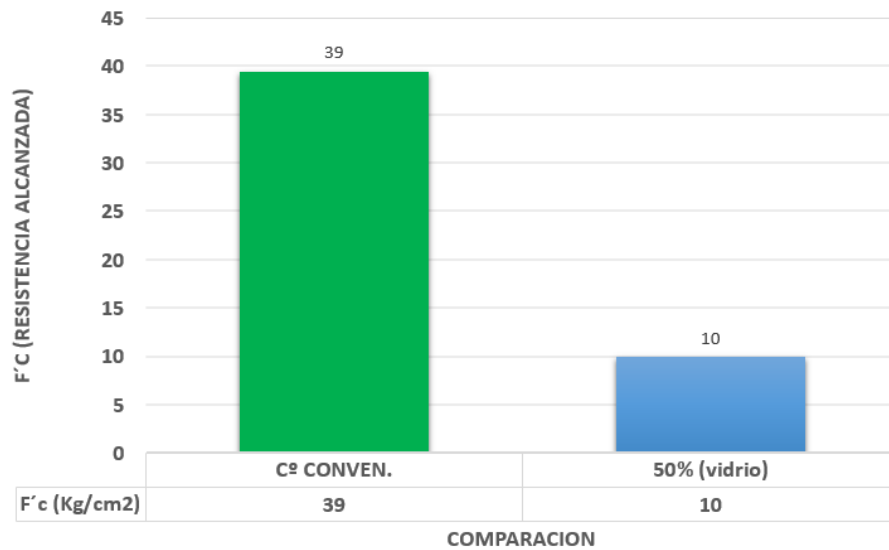


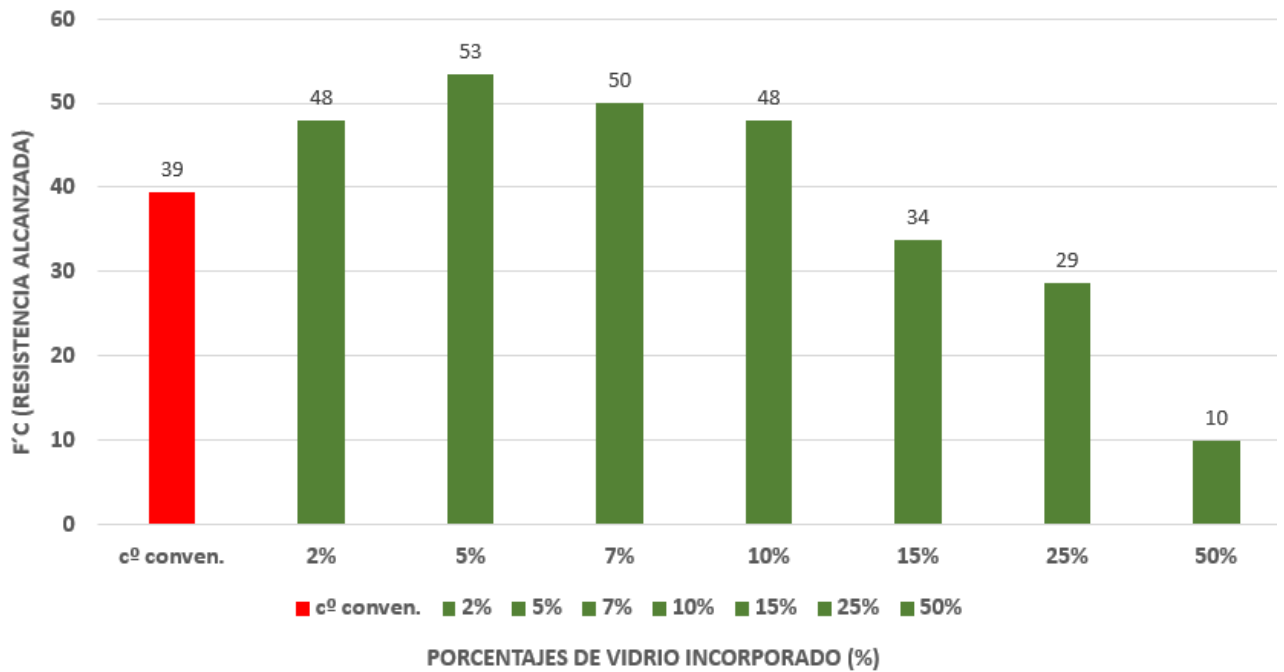
Figura 128. Figura de comparación de las resistencias entre el concreto convencional y con el 50% de vidrio incorporado a su mezcla.

Comparación final de las probetas sometidas al ensayo de compresión por tracción diametral.

Tabla 71. Cuadro comparativo de las resistencias alcanzadas por el concreto convencional vs las dosificaciones de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla, para el ensayo de compresión por tracción diametral.

Descripción		Comparación
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 2% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 2	39	48
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 5% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 3	39	53
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 7% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 4	39	50
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 10% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 5	39	48
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 15% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 6	39	34
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 25% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 7	39	29
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 50% de vidrio incorporado
vs	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Probeta 8	39	10

Fuente: Elaboración propia.



Resumen de las medidas del SLUMP obtenidos en la prueba de trabajabilidad del concreto fresco.

Mezcla N° 1, concreto convencional.

Tabla 72. SLUMP del concreto convencional.

Muestra	F'c (kg/cm ²)	SLUMP (cm)	Vidrio (%)	SLUMP (pulg)
1	210	10.00	Concreto convencional	4"

Fuente: Elaboración propia.



Figura 129. SLUMP para el concreto convencional.

Comparación final de las medidas del SLUMP, para todas las mezclas.

Tabla 73. Cuadro comparativo de las medidas alcanzadas por las pruebas de trabajabilidad (ensayo del SLUMP), para todas las mezclas destinadas a los dos ensayos de compresión realizados.

Descripción		Comparación
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 2% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 2	4”	1.44”
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 5% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 3	4”	2.16”
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 7% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 4	4”	2.64”
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 10% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 5	4”	4”
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 15% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 6	4”	4.88”
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 25% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 7	4”	6.12”
Probeta 1	Concreto convencional	Con el 50% de vidrio incorporado
vs	(SLUMP en PULG.)	(SLUMP en PULG.)
Probeta 8	4”	7.52”

Fuente: Elaboración propia.

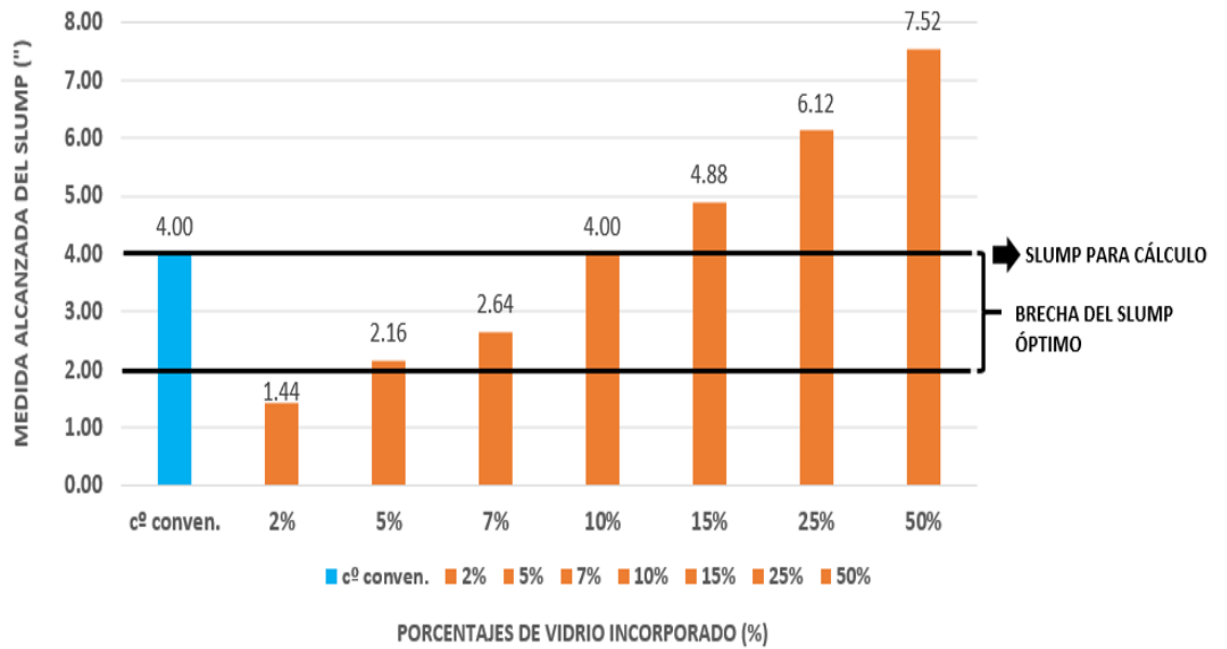


Figura 130. Grafica de comparación final entre las medidas de SLUMP obtenidas en el ensayo de asentamiento del concreto fresco.

Para el desempeño de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

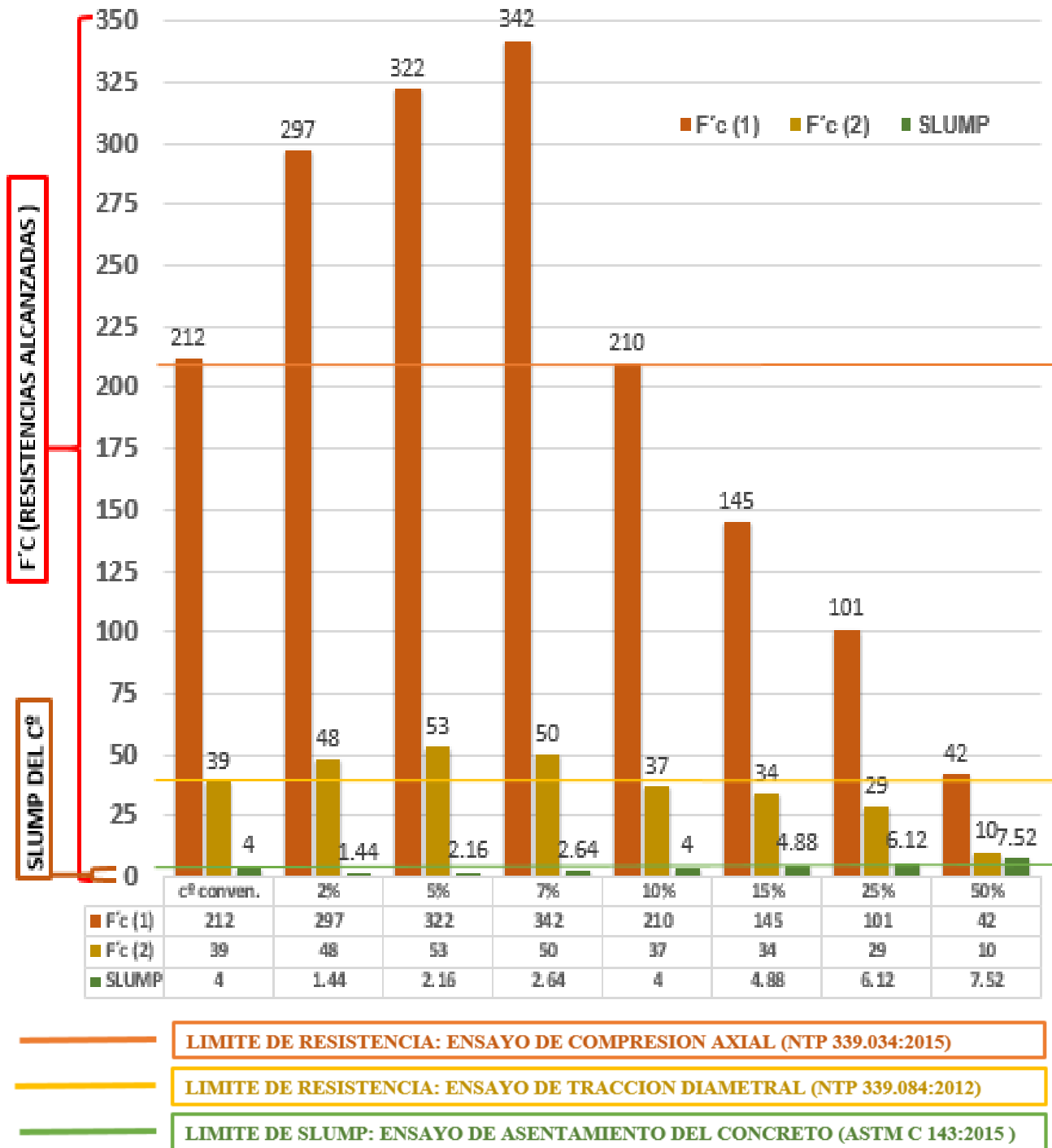


Figura 131. Grafica final del desempeño del concreto.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Resultados específicos:

- 1. Parámetros del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice.**

a) Módulo de fineza del agregado fino (Mf):

El módulo de fineza nos da una idea del grosor o finura granular del agregado fino calculado. El siguiente cuadro se muestra los valores de los tamices y sus porcentajes de material retenido acumulado y el resultado del módulo de fineza, el cual se ve en la tabla 74:

Tabla 74. *Tamices y sus porcentajes; Módulo de fineza.*

Tamiz	Porcentaje
1 ½"	0
¾"	0
⅜"	0
Nº 4	0
Nº 8	7.02
Nº 16	14.58
Nº 30	36.62
Nº 50	82.64
Nº 100	90.68
Mf	2.32

Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 74, muestra los valores de cada porcentaje retenido acumulado en los tamices descritos, llegando al resultado de un $M_f = 2.32$, considerando de esta manera que el M_f obtenido es de una arena adecuada para producir concreto por la razón que su valor se encuentra entre 2.0 – 3.0. Los límites de tamaño están determinados en la NTP 400.011.

b) Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN):

El TMN es la dimensión de la partícula del agregado grueso que se va a utilizar en la mezcla del concreto. El cual se muestra en la tabla 75. Y la figura 132 evidencia la medida en centímetros de varias partículas de los agregados.

Tabla 75. Valor del tamaño máximo nominal.

$$\text{T.M.N.} = 1 \frac{1}{2}'' = \text{cm}$$

Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 132. Evidencia de medición del agregado grueso.

De acuerdo a lo especificado, el tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN) utilizado, es de 3.75 cm equivalente a 1 1/2", Esta es la dimensión del tamaño de la partícula del agregado grueso que será empleado como ingrediente para la dosificación del concreto, precisando que la medida es admitida dentro de los límites fijados en la NTP 400.011.

c) Pesos unitarios suelto y compactado del agregado fino y grueso:

En el siguiente cuadro se presenta los pesos unitarios suelto y compactado de los agregados fino y grueso que es el peso de la unidad de volumen de los agregados este valor que es expresado en Kg/cm³ y es empleado en la práctica como parámetro para la dosificación de hormigones. Véase en la tabla 76.

Tabla 76. Consolidado de los pesos unitarios de los agregados fino y grueso.

Tipo de agregado	Peso unitario suelto (P.U.S)		Peso unitario compactado (P.U.C.)	
		unidad		unidad
Agregado fino	1.66	gr/cm ³	1.77	gr/cm ³
	1660.10	kg/cm ³	1770.06	kg/cm ³
Agregado grueso	1.58	gr/cm ³	1.68	gr/cm ³
	1576.96	kg/cm ³	1677.16	kg/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos de los P.U.S. y P.U.C. tanto del agregado fino y del agregado grueso, nos indican el procedimiento para conocer el peso específico del agregado (fino y grueso) en un dicho volumen, estos valores sirven para poder determinar las porciones adecuadas y exactas de agua y cemento, por consiguiente de vidrio de sosa, cal y sílice, a la hora de realizar la mezcla, de esta manera estos resultados no deben alterar nuestra capacidad de resistencia que tiene nuestro concreto al momento de realizar los ensayos correspondientes. Para este ensayo nos apoyaremos de las siguientes normas: NTP 400.017, ASTM C-29, MTC E203 siguiendo los parámetros e indicativos de la misma. Es una manera de conocer el material con el cual un diseñador de concreto va a trabajar con un agregado que cumpla con las especificaciones de la norma.

d) Cemento:

En los siguientes cuadros se muestra la elección del cemento y sus datos para fines de cálculo. Véase las tablas 77 y 78.

Tabla 77. Elección del cemento a utilizar.

cemento andino	cemento portland tipo I (NTP 334.009 y ASTM C 150)
----------------	---

Fuente: elaboración propia.

Tabla 78. Datos del cemento para fines de cálculo.

$F'c =$	210	Kg/cm ²
$Pe =$	3.15	Gr/cm ³
SLUMP =	4	“
Pe (agua) =	1000	Kg/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

Según las tablas 77 y 78, llegamos a estos resultados, los cuales han sido tomados de las especificaciones técnicas del mismo cemento usado, (cemento Andino), teniendo sus antecedentes en la NTP 334.009 Y ASTM C 150, teniendo un peso específico de 3.15 gr/cm³ ya determinado en su proceso de fabricación, el SLUMP considerado para calculo fue de 4”, por su grado de trabajabilidad, considerando el peso específico del agua, ya establecido de 1000 kg/m³ y por ultimo mencionando la resistencia con la cual se está trabajando y que es punto de partida para los ensayos correspondientes.

e) Vidrio de sosa, cal y sílice:

En el siguiente cuadro se muestra el tamaño granular de las partículas de vidrio de sosa, cal y sílice que se utilizará en remplazo del cemento en las dosificaciones establecidas. Véase la tabla 79.

Tabla 79. Tamizado del vidrio de fluorescente y focos reciclados.

Vidrio	Tamiz	
	Numero	100
Luz (mm)	0.150	

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La tabla está basada en las dimensiones de la tabla de tamices estándar USA.

En esta tabla especifico el tamizado que tuvo el vidrio de sosa, cal y sílice para mi trabajo de investigación, puntualizando que se utilizó únicamente el vidrio proveniente de fluorescentes y focos reciclados, por la razón que estos materiales tienen más porcentaje de sílice en su composición, los valores de número = 100, corresponden al número del tamiz utilizado para que el material (vidrio de fluorescentes reciclado) sea zarandeado aproximadamente al tamaño de las partículas de cemento, estas partículas poseen una luz de 0.150 mm, no igual pero lo más semejante a la misma finura del cemento, que por tal motivo será reemplazado para poder cumplir con los objetivos y pretensiones de esta tesis, cabe precisar que cuanto más pequeñas y más puras las partículas de vidrio darán mejores resultados.

f) Porcentajes de absorción, densidad y humedad de los agregados fino y grueso:

En el cuadro se muestra el porcentaje de absorción y humedad de los agregados con sus respectivos valores de cálculos necesarios para llegar a estos. Véase en la tabla 80.

Tabla 80. Consolidado de los porcentajes de absorción y humedad de os agregados fino y grueso.

descripción	Tipo de agregado			
	Agregado fino	unidad	Agregado grueso	unidad
Pe (masa)	2.47	gr/cm ³	3.56	gr/cm ³
Pe (msss)	2.61	gr/cm ³	3.66	gr/cm ³
Pe (ap.)	2.87	gr/cm ³	3.95	gr/cm ³
% abs.	5.70	%	2.80	%
% W	2.50	%	1.70	%

Fuente: Elaboración propia.

Nota. Pe (masa) = peso específico de la masa, Pe (msss) = Peso específico de la masa saturado superficialmente seco, Pe (ap.) = peso específico aparente, % abs. = porcentaje de absorción, % W = porcentaje de humedad

En este punto los resultados calculados, nos hacen referencia exacta a los valores de absorción, densidad y humedad de las muestras de los agregados (fino y grueso). Estos valores encontrados nos hacen saber de manera precisa, que el tipo material elegido, cumple con los requerimientos para la elaboración del buen diseño de mezcla, estipulados en la NTP 400.022 para el agregado fino y la NTP 400.021 para el agregado grueso, conociendo la importancia y cómo influyen (la absorción, densidad y humedad que tienen los agregados) en una mezcla de concreto.

g) Con respecto a los agregados y los datos finales para el cálculo de la dosificación del concreto por el método ACI.

En el cuadro se muestra los parámetros finales para el cálculo de la dosificación de concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, véase en la tabla 81.

Tabla 81. Consolidado de los parámetros del concreto convencional.

Agregados	Fino	Und.	Grueso	Und.
Perfil			angular	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1660	kg/m ³	1577	kg/m ³
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1770	kg/m ³	1677	kg/m ³
Peso específico (kg/m ³)	2750	kg/m ³	2610	kg/m ³
Módulo de fineza (Mf)	2.32		----	
Tamaño máximo nominal (TMN)	----		1.5	“
Porcentaje de absorción (% abs.)	5.70	%	2.80	%
Porcentaje de humedad (% W)	2.50	%	1.70	%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados y datos obtenidos en esta tabla, previamente analizados y trabajados en el laboratorio, hacen referencia exacta a los parámetros de diseño de mezcla que debí obtener para la dosificación del concreto $F'c = 210$ kg/cm², es un cuadro resumen de todas las actividades llevadas a cabo dentro del laboratorio (desde la compra del cemento hasta la obtención de los resultados de los ensayos propuestos) el cual estuvieron destinadas para un cálculo exacto, del cual dependió la mezcla, y los resultados del ensayo de compresión axial, tracción diametral y por último la trabajabilidad del concreto, de las probetas de concreto. Estos resultados valen como punto de partida para la dosificación de cualquier concreto destinado a ser calculado por el método ACI (American Concrete Intitute).

Este método ha sido elegido por la siguiente razón: El método ACI es un método empírico que se utiliza netamente para trabajos basados en la investigación experimental y también por ser considerado como un método basado únicamente a la resistencia a la compresión. Conllevando de esta manera al resultado que no solo existe un método de dosificación del concreto, por ejemplo existen otros métodos que son: el Método Fuller, Bolomey, y

Faury, métodos que están basados en el contenido de cemento y que no son aplicables para el tipo de cálculo e investigación que se ha hecho.

h) Consolidado de los parámetros para la dosificación del concreto.

En el cuadro se muestra los resultados de los parámetros de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, todos estos parámetros han sido calculados por el método de dosificación ACI, que posteriormente se resumirá en los ingredientes netos que se necesitará para la elaboración de la mezcla por metro cubico de concreto. Véase en la tabla 82.

Tabla 82. Consolidado del cálculo de la dosificación de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (concreto convencional).

Descripción	valor	Unid.
Resistencia promedio requerida ($F'cr$)	294	Kg/cm ²
Contenido de aire	1	%
Contenido de agua	181	Lt/m ³
Relación agua/cemento	0.558	
Contenido de cemento	324.14	Kg.
Peso del agregado grueso	1240.98	Kg.
Peso del agregado fino	634.22	Kg
Corrección por humedad (a. fino)	650.08	Kg.
Corrección por humedad (a. grueso)	1262.08	Kg.
Agua efectiva en la mezcla	215.69	Lt.

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestra los resultados del cálculo de los parámetros de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que es la dosificación del concreto convencional, por medio del método ACI, gracias a esto nos damos cuenta, que todos los valores están quedando en unidades de peso y volumen, esto quiere decir, que son los valores de cada uno de los parámetros por cada 215.69 Lt. De agua,

en consecuencia tendremos que hacer un ajuste por cada 1 m³ de volumen, pero por los ingredientes netos que necesitara la mezcla.

Tabla 83. Valores de los ingredientes del concreto por metro cubico.

Descripción	Valor	Unidad
Cemento	1	Kg.
Agregado fino	2.01	Kg.
Agregado grueso	3.89	Kg.
agua	0.67	Lt.

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestran los valores, en kilogramos, que debe de tener cada ingrediente para producir un concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, remarcando que las unidades expresadas en peso y volumen son para producir un metro cubico de concreto u hormigón.

2. Comportamiento del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones.

Ensayo de compresión axial:

Esta figura muestra las resistencias alcanzadas por cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado a la mezcla del concreto, cabe resaltar que el cemento fue reemplazado por los porcentajes de vidrio señalados. Teniendo en cuenta que se ha producido un concreto que debe alcanzar una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, los resultados del ensayo de compresión axial de cada porcentaje nos indican el incremento o caída de la resistencia de dicho concreto con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice. Véase en la figura 130.

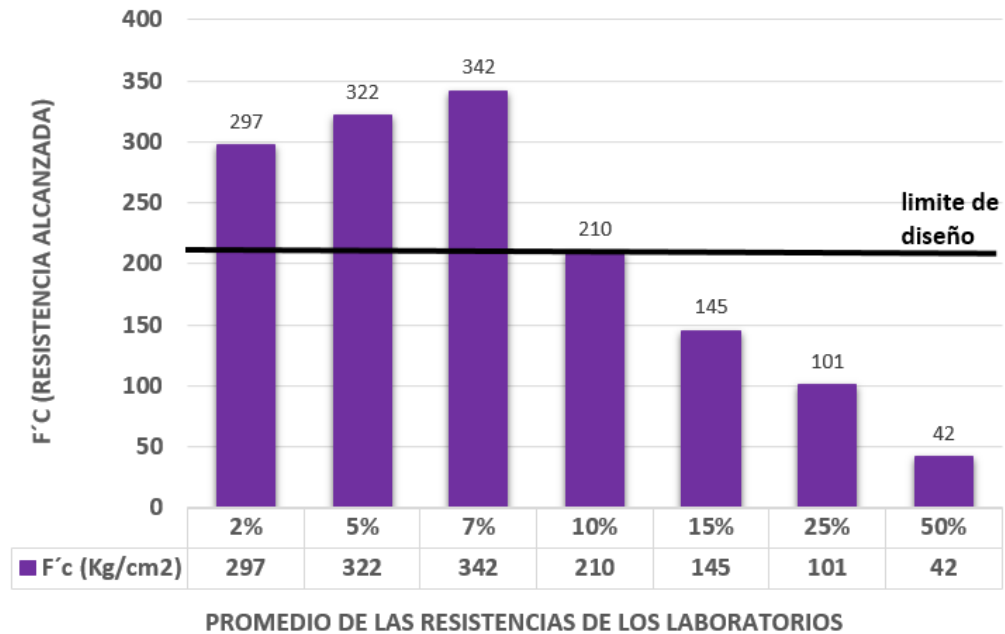


Figura 133. Comportamiento del concreto sometido a ensayos de compresión axial.

En la figura se muestra claramente que al incorporar el 2%, 5%, y 7% de vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla en reemplazo del cemento, la resistencia de un concreto convencional de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, incrementa de manera positiva al trabajo de investigación. Cuando se le incorpora el 10% de vidrio de sosa, cal y sílice, nos damos cuenta que la resistencia sigue como si no hubiera existido un reemplazo esto también es bueno ya que cumple con el límite establecido, los porcentajes de 15%, 25%, 50%, son totalmente inútiles por la razón que bajan estrepitosamente a la resistencia establecida, valores nada confiables por tal motivo sus resultados quedan descartados.

Ensayo de compresión por tracción diametral:

En la siguiente figura se muestra las resistencias del concreto alcanzadas cuando sus probetas fueron sometidas al ensayo de compresión por tracción diametral, notando que por cada porcentaje la interpretación de los valores de los especímenes, son similares a los obtenidos en el ensayo de compresión axial, dado que en los estudios realizados por expertos, y también mencionadas

en la norma NTP 339.084 y en el MTC E 708, que contemplan que el límite tolerable para dar por buena la resistencia alcanzada es del 10% al 15%, del concreto que produces, (RIVERA, CONCRETO SIMPLE), (VILLAR), en este caso el 15% de un concreto 210 kg/cm² es de 32 kg/cm². Límite de resistencia para este caso. Véase figura 134.

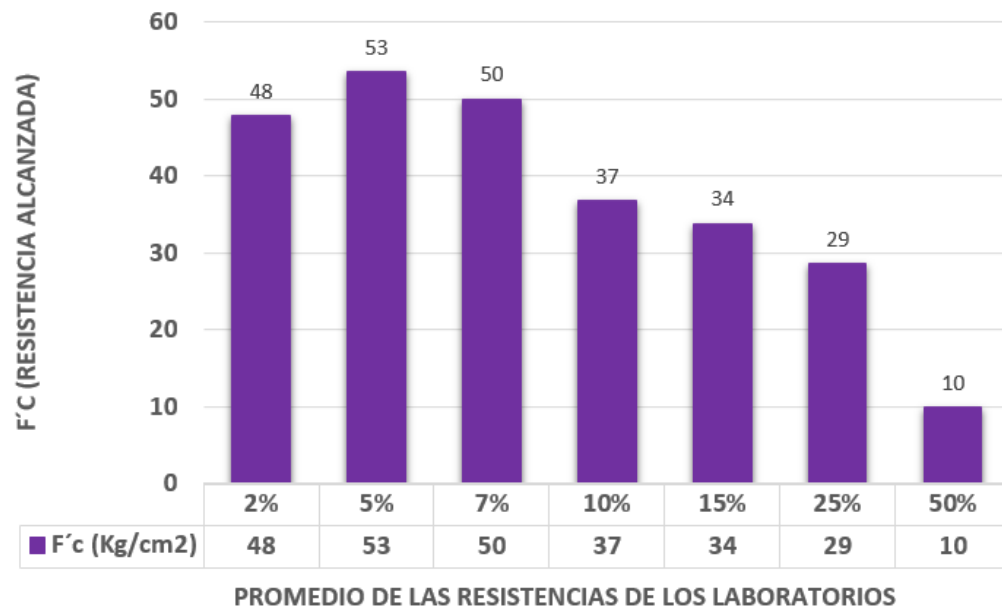


Figura 134. Comportamiento del concreto sometido a ensayos de tracción diametral.

En la figura 134, las resistencias alcanzadas por cada probeta sometida al ensayo de compresión por tracción diametral, no llega ni a la mitad de la resistencia para la cual ha sido diseñada, pero basándonos en los estudios realizados por expertos, y también mencionadas en la norma NTP 339.084 y en el MTC E 708 es permitido un valor del 15% de la resistencia de diseño (32kg/cm²), esta figura se interpreta de manera similar a las de la figura 143, siendo de esta manera que los porcentajes del 2%, 5%, y 7%, alcanzaron una resistencia apta para ser considerada positiva para este trabajo de investigación, el 10% de incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice es un valor que está al límite de lo permitido por la norma, que también se toma por bueno, mientras que los porcentajes de 15%, 25%, y 50%, no son aceptables, puesto que están por muy debajo de lo permitido.

Trabajabilidad de concreto (prueba del SLUMP)

En esta figura notamos las diferentes medidas alcanzadas del asentamiento del concreto, por el ensayo del “Cono del Abrams”. Siendo de esta manera que la disminución en la parte superior de la mezcla se llame asentamiento y se mide con una aproximación de 5 mm, si en lugar de asentarse uniformemente el cono, como en un revenimiento normal, la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que se ha tenido lugar a un asentamiento o revenimiento por corte, y la prueba deberá repetirse.

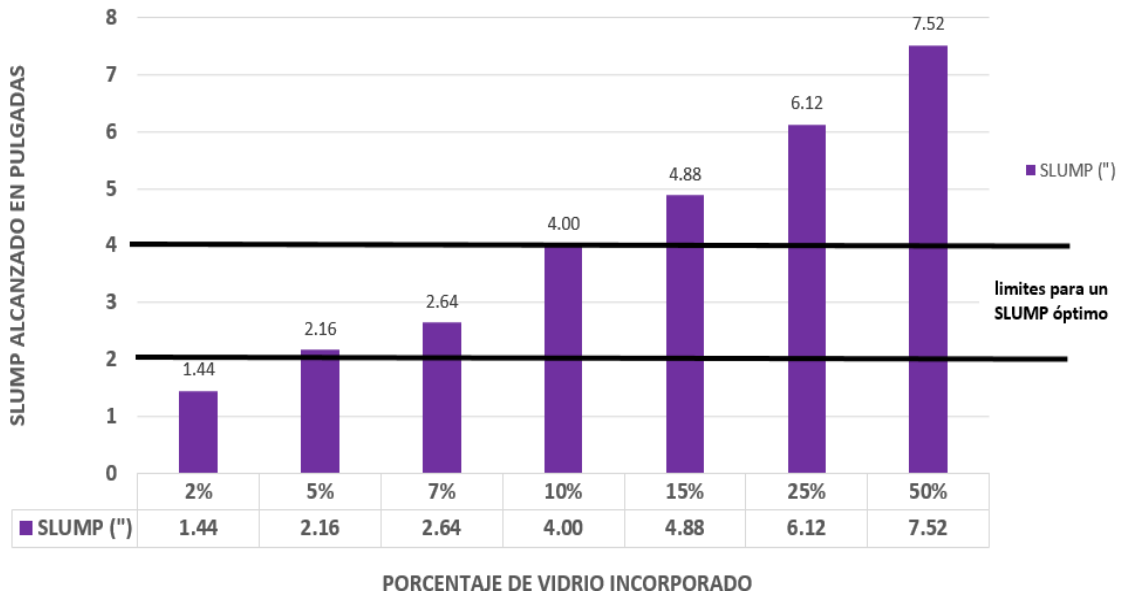


Figura 135. Trabajabilidad del concreto con la prueba del SLUMP.

Debo indicar que todo los asentamientos se encuentran dentro de lo estipulado y normalizado, la interpretación a este cuadro se dará al tipo de consistencia que tiene el hormigón con cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado a la mezcla, cabe señalar que los límites estipulados de 2” – 4”, se refieren a una mezcla de consistencia media plástica, ideal para pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas y cimentaciones reforzadas, con una

colocación manual y con un sistema de colocación en secciones simplemente reforzadas con vibración.

Gracias a esto los porcentajes de 5%, 7% y 10% son aptas y dadas por buenas para alcanzar el objetivo de este trabajo de investigación, debo considerar a estos porcentajes como los mejores de las pruebas por estar dentro del estándar que se trazó como objetivo, en este caso, para este trabajo de investigación. El porcentaje de 2%, es una mezcla de consistencia semi - seca, ideal para Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas con una colocación con máquinas operadas manualmente y con un sistema de compactación en secciones simplemente reforzadas con vibración. En el porcentaje del 15% vemos que es una mezcla de consistencia húmeda, ideal para elementos estructurales, esbeltos o muy reforzados, con una colocación a bombeo y con un sistema de compactación en secciones bastante reforzadas con vibración. Con los porcentajes de 25% y 50% podemos precisar que es una mezcla de consistencia muy húmeda, ideal para elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ", con una colocación con tubo embudo "tremie" y con un sistema de compactación en secciones altamente reforzadas sin vibración.

Tabla 84. Aceptabilidad de las resistencias alcanzadas por los porcentajes de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado a la mezcla en sus ensayos realizados.

Porcentajes de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado	Ensayos de Resistencia				Trabajabilidad	
	Compresión Axial		Tracción Diametral			
	Valores aceptables por el diseño					
	Si	No	Si	No	Si	No
2%	✓		✓			✓
5%	✓		✓		✓	
7%	✓		✓		✓	
10%	✓		✓		✓	
15%		✓		✓		✓
25%		✓		✓		✓
50%		✓		✓		✓

Fuente: Elaboración propia.

- 3. Resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, frente a los resultados de resistencia del concreto con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones.**

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de las resistencias alcanzadas de las probetas que fueron sometidas al ensayo de compresión axial, tanto del concreto convencional, con sus porcentajes de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado a su mezcla.

Ensayo de compresión axial

Tabla 85. Consolidado de resistencias alcanzadas en el ensayo de compresión axial.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	Porcentaje	F'c (kg/cm2)
1	210	28	Concreto convencional	212
2	210	28	2%	297
3	210	28	5%	322
4	210	28	7%	342
5	210	28	10%	210
6	210	28	15%	145
7	210	28	25%	101
8	210	28	50%	42

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla muestra los valores de resistencia obtenidos por medio de ensayos de compresión axial, para tal caso se utilizaron 24 probetas cilíndricas, destinadas a tres diferentes laboratorios, que fueron hechas en las fechas especificadas (véase anexos de certificados de los laboratorios DOSED, GOVIL Y FULL CALIDAD) y curadas en agua durante 28 días, que es la edad de las probetas cuando fueron sometidas al ensayo, de las 24 probetas, las 3 primeras de cada camada, llamadas muestras número 1, fueron de concreto convencional y las 21 restantes fueron hechas con la incorporación de vidrio sosa, cal y sílice. Llegando a resultados favorables y desfavorables según el porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado, dando pase a la gráfica siguiente.

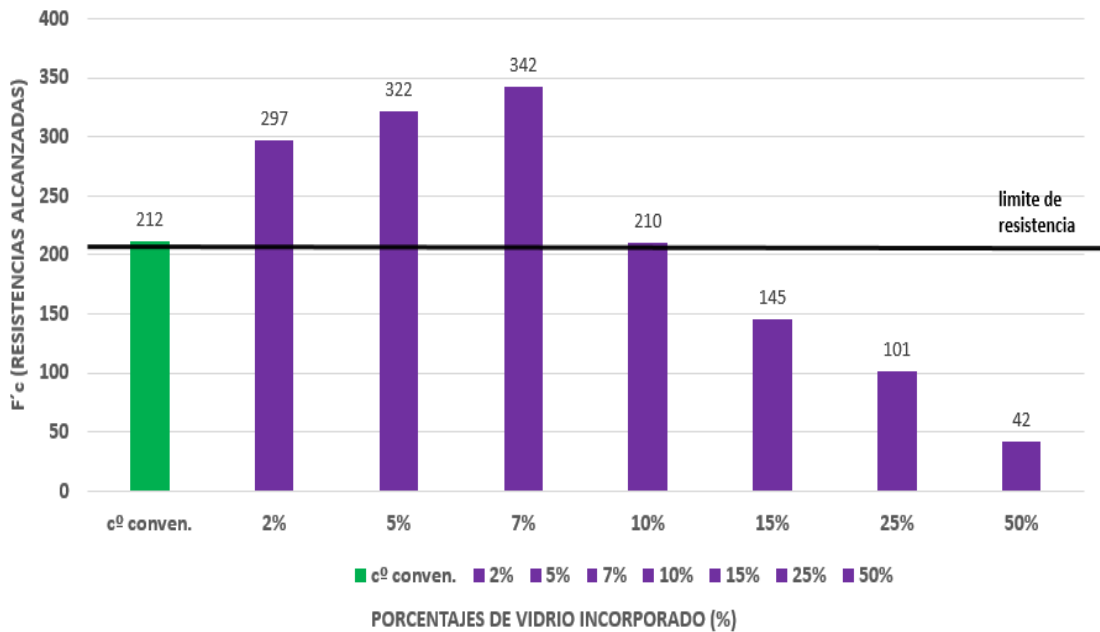


Figura 136. Comparación de las resistencias alcanzadas del concreto convencional y con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice por medio de ensayos de compresión axial.

Esta grafica nos indica con precisión las resistencias alcanzadas de las probetas de concreto sometidas a ensayos de compresión axial, dando como resultados. Que los porcentajes de vidrio incorporado del 2%, 5%, y 7% sobrepasan el límite de resistencia a comparación de la muestra número 1, muestra patrón, que da este límite, siendo esta de concreto convencional. Resultados muy favorables para este trabajo de investigación, llegando a ser el porcentaje de 7% de vidrio de sosa, cal y sílice en la incorporación de la mezcla el del valor de resistencia más alto. Con el porcentaje del 10% nos damos cuenta que la resistencia alcanzada es igual a comparación de la muestra número 1, resultado también favorable, puesto hasta este porcentaje incorporado a la mezcla es tolerable, al momento de reemplazar el cemento por vidrio de sosa, cal y sílice, mientras que los resultados de los porcentajes de 15%, 25% y 50% no son nada confiables, pues al ser comparados con la muestra número 1, que es la que da el límite, estos porcentajes de vidrio incorporado hacen caer la resistencia $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de una manera negativa y estrepitosa, siendo la de mayor porcentaje de incorporación del 50%, el más negativo.

Ensayo de compresión por tracción diametral

Tabla 86. Consolidado de resistencias alcanzadas en el ensayo de compresión por tracción diametral.

Muestra	F'c (kg/cm2)	Edad (días)	Porcentaje	F'c (kg/cm2)
1	210	28	Concreto convencional	39
2	210	28	2%	48
3	210	28	5%	53
4	210	28	7%	50
5	210	28	10%	37
6	210	28	15%	34
7	210	28	25%	29
8	210	28	50%	10

Fuente: Elaboración propia.

En este cuadro se presenta, 24 muestras de probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas al ensayo de compresión por tracción diametral, generándose resultados en cada una de ellas, que para mis aspiraciones fueron aceptables y no aceptables, cabe precisar que este ensayo es usado para medir la resistencia y el estado de tensión de un concreto, aunque se aplique de manera más exacta en probetas de mezclas bituminosas.

Los resultados de este ensayo me han servido para conocer cómo funciona el concreto en su parte más débil y desalentadora, como son los esfuerzos y cargas de flexión a la cual también están sometidas diversos elementos estructurales, por tal motivo mis resultados me llevan a decir que la falla de tracción ocurre antes que la falla de compresión debido a que las áreas de aplicación de la carga se encuentran en un estado de compresión triaxial a lo largo de todo el espécimen de concreto, Si bien es cierto que el concreto es un material que trabaja muy bien a esfuerzos de compresión, la tracción es una forma de comportamiento de este

material de gran interés para el diseño de variedad de estructuras en la ingeniería civil y en nuestros días es un valor muy importante como indicador de calidad del concreto dentro de las obras de ingeniería.

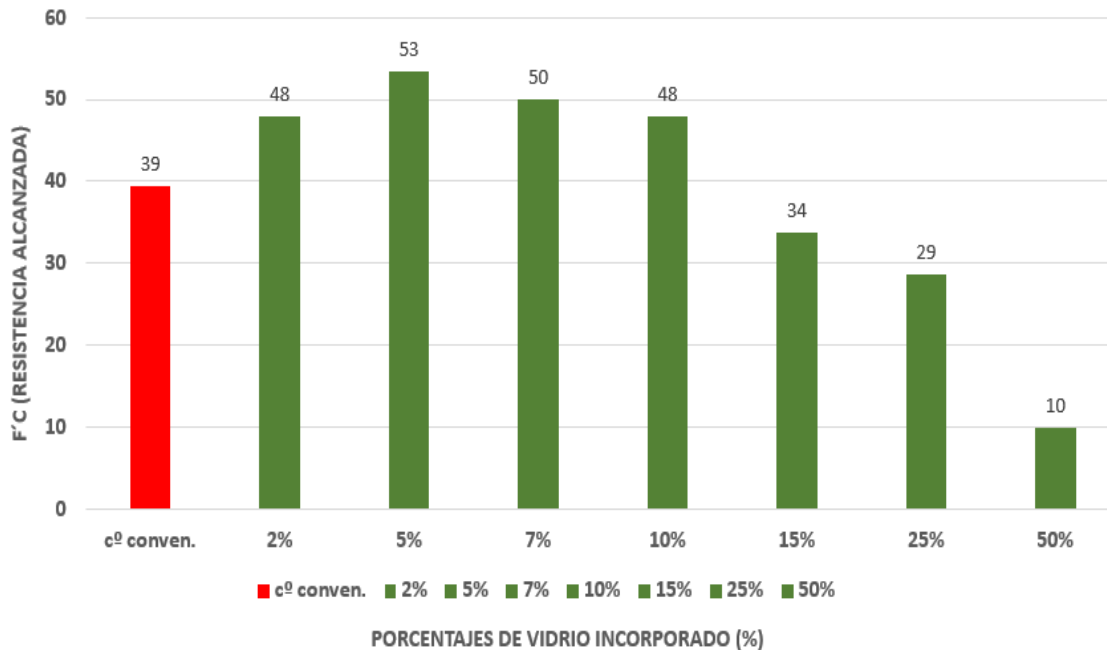


Figura 137. Comparación de las resistencias alcanzadas del concreto convencional y con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice por medio de ensayos de compresión por tracción diametral.







Dado que en los estudios realizados por expertos, y también mencionadas en la norma NTP 339.084 y en el MTC E 708, contempla, que para este tipo de ensayo, el límite tolerable para dar por buena la resistencia alcanzada es del 15%, del concreto que produces, en este caso el 15% de un concreto 210 kg/cm² es de 32 kg/cm². Que será el límite de resistencia para este caso.









En la tabla notamos que el concreto convencional llega a una resistencia de 39 kg/cm², llegando de esta manera a los estándares establecidos por la norma y que en comparación con las demás muestras existen aspectos que resaltar, por ejemplo en comparación con las probetas a las cuales fueron incorporadas 2%, 5% y 7% de vidrio de sosa, cal y sílice, la resistencia aumenta de manera favorable

y exitosa, siendo así porcentajes aceptables para la práctica, luego en comparación con el concreto con el 10% de vidrio de sosa, cal y sílice, hacemos notar que se mantiene en su misma resistencia, considerándolo como porcentaje aceptable para las pretensiones, en cambio en comparación con los porcentajes incorporados del 15%, 25% y 50% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado, podemos llegar a decir que no son aceptables para la práctica, razón por la cual debemos de rechazar estos porcentajes.

Trabajabilidad o manejabilidad del concreto

Tabla 87. Comparación de la trabajabilidad del concreto convencional con sus diferentes porcentajes de vidrio de sosa, cal y sílice incorporados a la mezcla.

M*	%	Concreto convencional	Sec	Porcentaje de dosificación	S%
1	2		4		1.44
2	5		4		2.16
3	7		4		2.64

4	10		4		4
5	15		4		4.88
6	25		4		6.12
7	50		4		7.52

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro se muestra todas las mezclas utilizadas, destinadas para las probetas que pasaran por los ensayos de compresión axial y de compresión por tracción diametral, las fotos demuestran el asentamiento que tuvo cada mezcla,

la mezcla 1 es de concreto convencional que será comparado con las demás mezclas que tienen incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes porcentajes, vemos como esta incorporación de vidrio en reemplazo del cemento afecta al asentamiento de manera que nos resulta concreto para diferentes tipos de construcción de elementos estructurales, según su concepto. Este ensayo del cono de Abrams se hizo después de los cálculos de dosificación por el método ACI y antes de la construcción de las probetas y posterior curado, 28 días antes de someterlas a los ensayos establecidos.

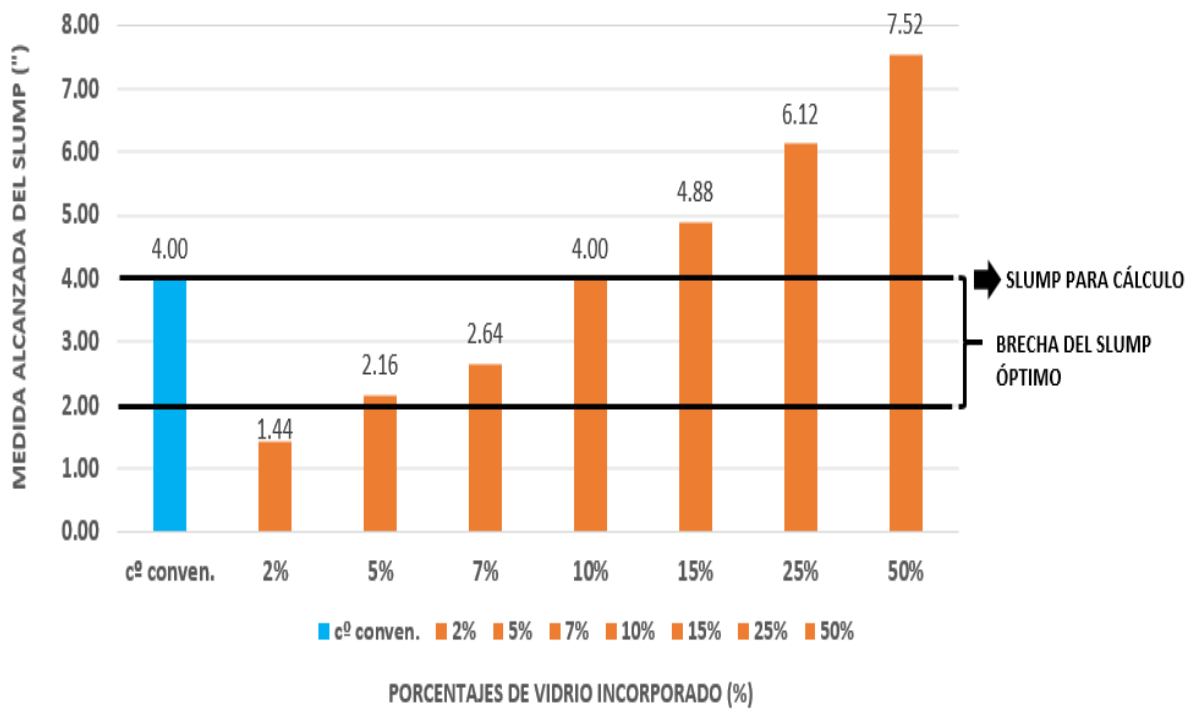


Figura 138. Medidas de SLUMP del hormigón, alcanzadas por medio del ensayo del “Cono de Abrams”.

La grafica expresa las medidas alcanzadas en el ensayo del “Cono de Abrams”, o “prueba del SLUMP” simplemente, siendo comparada con la medida que obtuvo un concreto convencional que fue la denominada para este caso mezcla 1, saco los siguientes resultados. A comparación con la mezcla 2, con el 2% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado, el SLUMP baja hasta 1.44”, fuera del rango

establecido para este trabajo de investigación, siendo una mezcla semiseca e ideal para pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas con una colocación con máquinas operadas manualmente y con un sistema de compactación en secciones simplemente reforzadas con vibración, por su SLUMP alcanzado. En comparación con el 5%, 7% y 10% de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado el SLUMP llega a los valores de 2.16", 2.64" y 4.00" respectivamente, estando dentro de la medida y el objetivo trazado, para luego poder decir que con estas medidas sus mezclas son llamadas media plástica y son ideales pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones reforzadas con una colocación manual y en Secciones simplemente reforzadas con vibración. Haciendo incapie que con el porcentaje del 10%, la trabajabilidad según la medida del SLUMP es igual a comparación del concreto convencional. Con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice a un 15%, este alcanza un SLUMP de 4.88" que es más elevada a comparación con la mezcla del concreto convencional, haciendo de la mezcla más fluida, considera una mezcla húmeda, ideal para elementos estructurales, esbeltos o muy reforzados, con una colocación a bombeo y con un sistema de compactación en secciones bastante reforzadas con vibración. Y por último con la incorporación de los porcentajes de 25% y 50% podemos precisar que la medida del SLUMP de 6.12" y 7.52" respectivamente para los dos casos se elevan muy por encima a comparación del SLUMP del concreto convencional y de lo permitido para este caso de investigación, cosa que no es malo ni mucho menos negativo, si no que podemos precisar que son mezclas de consistencia muy húmeda, ideal para elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ", con una colocación con tubo embudo tremie y con un sistema de compactación en secciones altamente reforzadas sin vibración.

Resultado general:

Influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales.

Ensayos de resistencia: Ensayos a la compresión axial, a la compresión por tracción diametral viendo su trabajabilidad para ver la influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales.

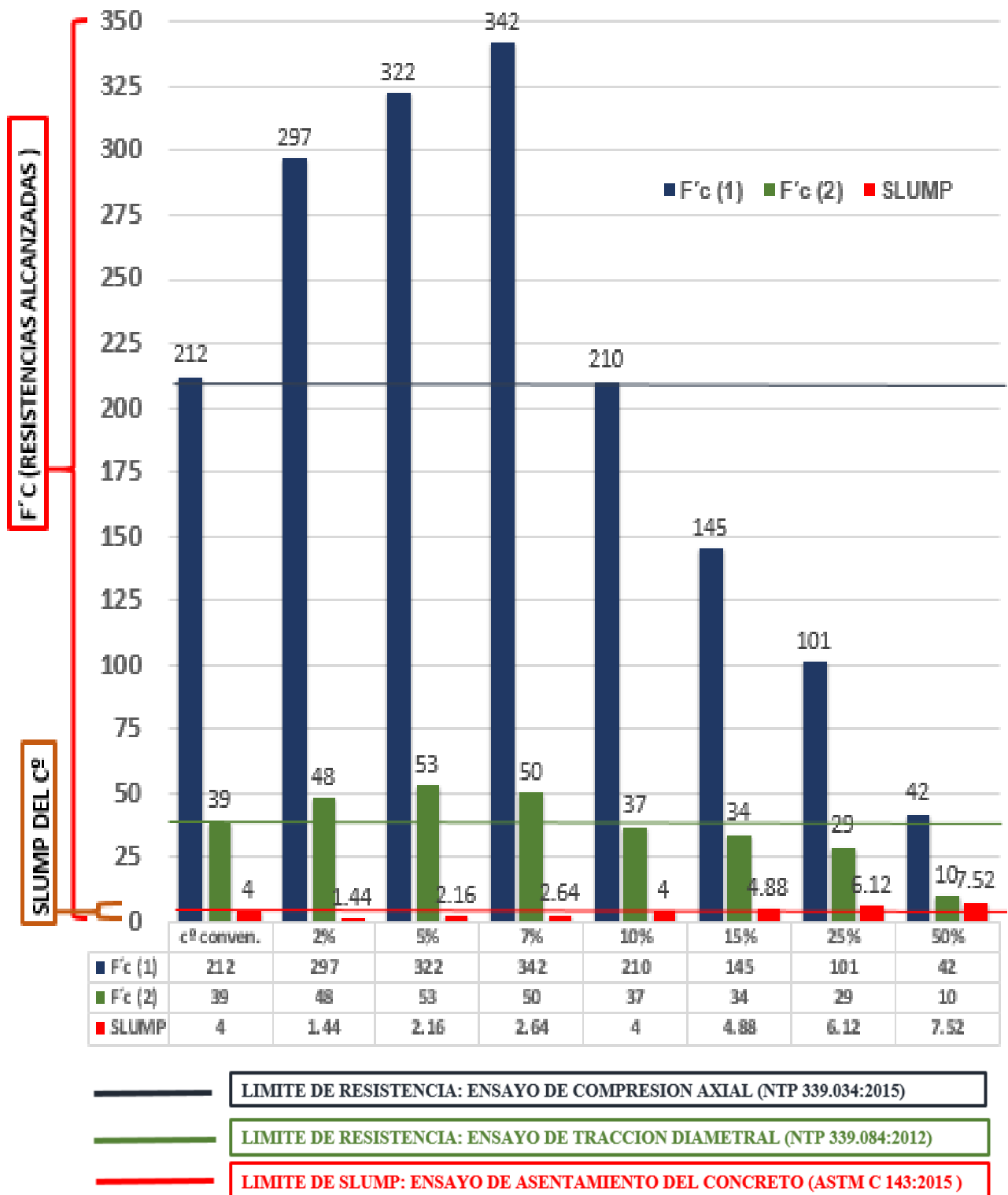


Figura 139. Ensayos de resistencia a las probetas de concreto, viendo su trabajabilidad en cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice incorporado.

En la figura se muestra, los resultados finales de los ensayos de resistencia a los cuales han sido sometidos las probetas de concreto endurecido con una edad de 28 días de curado, viendo también la trabajabilidad que tuvo cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice en su incorporación a la mezcla, las mejoras que se obtuvo en todo este proceso nos dicen que el 2%, 5% y 7% de incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, aumentan la resistencia de un concreto $F'c = 210$ kg/cm², alcanzando los resultados de un $F'c = 297$ kg/cm², $F'c = 322$ kg/cm², $F'c = 342$ kg/cm², respectivamente, para los ensayos de compresión axial y un $F'c = 48$ kg/cm², $F'c = 53$ kg/cm², $F'c = 50$ kg/cm², respectivamente, para los ensayos de compresión por tracción diametral, dando cabida a decir que el concreto con la incorporación de estos porcentajes de vidrio pueden ser utilizados sin ningún tipo de problema en construcciones civiles, puesto que el vidrio hace que aumente la resistencia de un concreto convencional de un $F'c = 210$ kg/cm² hasta un $F'c = 300$ kg/cm², concreto considerado de resistencia media - alta moderada según la UNACEM (UNACEM, 2013), con este tipo de incorporación y con estas específicas dosificaciones podemos utilizar el concreto para los siguientes tipos de obras civiles, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 88. Influencia al incorporar vidrio de sosa, cal y sílice, en la resistencia del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, para evaluar su desempeño en elementos estructurales y para sus diferentes usos en obras civiles del Perú.

Elemento estructural	Porcentaje de vidrio incorporado (%)	Influencia del vidrio de sosa cal y sílice en la resistencia del concreto ($F'c$ en Kg/cm^2)	usos	Tolerancia mínima ($F'c$ en Kg/cm^2)
Cimientos	2%	297	cimentaciones de zapatas con o sin refuerzo	280
	5%	322		
	7%	342		
Elementos verticales	2%	297	Columnas y placas de resistencia media – alta moderada, muros de contención de concreto reforzado	280
	5%	322		
	7%	342		
Elementos horizontales	2%	297	Vigas, losas macizas y techos aligerados	280
	5%	322		
	7%	342		
Elementos inclinados	2%	297	Escaleras reforzadas	280
	5%	322		
	7%	342		
Elementos presforzados				
Elementos pretensados	5%	322	Trabes de puentes y edificios, losas extruidas, viguetas, losas T, TT Y TTV de resistencia media – alta moderada	300
	7%	342		
Elementos postensados	5%	322	Dovelas y trabes para puentes, losas con refuerzo bidireccional, diafragmas de puentes, vigas hiperestáticas de resistencia media – alta moderada	300
	7%	342		

Fuente: Revista tablas de UNACEM (Unión Nacional de Cementos del Perú).

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Discusiones específicas:

1º De los parámetros calculados para la dosificación del concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se obtuvo los valores: Para el agregado grueso el peso unitario suelto es de 1577 kg/m^3 y para el peso unitario compactado es de 1677 kg/m^3 , el peso específico es de 2610 kg/m^3 , el tamaño máximo nominal (TMN) es de 3.75 equivalente a 1 1/2" de longitud de su partícula con un porcentaje de absorción (% abs.) de 2.8 % y con un porcentaje de humedad (%W) de 1.70%. También se obtuvo los valores para el agregado fino: tales como el peso unitario suelto que es de 1660 kg/m^3 , el peso unitario compactado de 1770 kg/m^3 , el peso específico de 2750 kg/m^3 , módulo de fineza de 2.32, con un porcentaje de absorción (% abs.) de 5.7 % y con un porcentaje de humedad (%W) de 2.5%. De los parámetros obtenidos, todos estos cumplen y están permitidos con las especificaciones y condiciones que deben tener los agregados para una óptima dosificación. De acuerdo a la norma técnica peruana (NTP 400.012). De esta manera se acepta la hipótesis "Los parámetros del concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, serán los permitidos por la norma técnica peruana (NTP 400.012)", esto coincide con el trabajo de investigación de Klaus Loayza titulada "Influencia del nanosilice en el concreto con agregado angular y agregado redondeado" de la Universidad Nacional De San Agustín – Arequipa, donde los resultados de la tesis confirman la hipótesis: mencionando que su análisis de agregados concluye que los valores encontrados son aceptables por la norma técnica peruana, de esta manera aceptando, también con el trabajo de suficiencia profesional de Luis Miguel Pacheco denominado "Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido" de la Universidad José Carlos Mariátegui – Moquegua - Perú donde sus resultados muestran que las propiedades halladas por el método de dosificación ACI son aceptables por la norma técnica peruana 400.012. de esta manera estos antecedentes confirman la hipótesis.

2º Con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones al diseño de mezcla de un concreto convencional de un $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se obtuvo los siguientes valores de resistencias alcanzadas como son: en los ensayos de compresión axial se obtuvo los siguientes resultados: en una probeta con una dosificación al 2% muestra una fuerza a la compresión de $F'c = 297 \text{ kg/cm}^2$, para una dosificación al 5% muestra una $F'c = 322 \text{ kg/cm}^2$, para un 7% muestra una $F'c = 342 \text{ kg/cm}^2$, para una 10% alcanza una $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; para un 15% una $F'c = 145 \text{ kg/cm}^2$; para un 25% un $F'c = 101 \text{ kg/cm}^2$ para un 50% nos indica una resistencia alcanzada de $F'c = 42 \text{ kg/cm}^2$. De similar manera para el ensayo de compresión por tracción diametral se obtuvo para una dosificación al 2% muestra una fuerza a la compresión por tracción diametral de $F'c = 48 \text{ kg/cm}^2$, para una dosificación al 5% muestra una $F'c = 53 \text{ kg/cm}^2$, para un 7% muestra una $F'c = 50 \text{ kg/cm}^2$, para una 10% alcanza una $F'c = 37 \text{ kg/cm}^2$; para un 15% una $F'c = 34 \text{ kg/cm}^2$; para un 25% un $F'c = 29 \text{ kg/cm}^2$ y para un 50% nos indica una resistencia alcanzada de tracción diametral de $F'c = 10 \text{ kg/cm}^2$. Viendo la trabajabilidad de las mismas mezclas de concreto en estado fresco se obtuvo los resultados de 1.44" para 2%, 2.16" para 5%, 2.64" para 7%, 4" para 10%, 4.88" para 15%, 6.12" para 25%, 7.52" para 50% de incorporación de vidrio a la mezcla del concreto por medio del ensayo de asentamiento del concreto llamado SLUMP. De esta manera viendo los resultados podemos precisar, que las dosificaciones al 2%, 5%, 7% y 10%, de incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla tienen un comportamiento favorable al diseño de mezcla planteado, siendo el resto de dosificaciones no aceptables. De esta manera se acepta la hipótesis para las dosificaciones del 2%, 5%, 7% y 10%: "El comportamiento del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones al 2%; 5%; 7%; 10%; 15%; 25%; 50%, son aceptables por la norma técnica peruana". En el trabajo de investigación de Carolina Muñoz titulada: Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio de la Universidad Austral de Chile – Valdivia - Chile, donde los resultados de la tesis confirma la hipótesis aceptada, mencionando que las fibras de vidrio favorecen la

resistencia mecánica de los hormigones sobre todo con el porcentaje más alto de fibra que corresponde a 1.5%. y también en el trabajo de investigación de José Rojas titulada: Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $F'c=210$ kg/cm² adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico de la Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo – Perú, donde los resultados de la incorporación de vidrio son aceptables a sus 28 días de edad de curado.

- 3º Al comparar los ensayos de resistencia al que fueron sometidas las probetas de concreto convencional $F'c = 210$ kg/cm², con una edad de 28 días de curado, frente al concreto con incorporaciones de vidrio de sosa, cal y sílice en su mezcla se obtuvo los siguientes valores; que en los porcentajes del 2%, 5% y 7% sobrepasan la resistencia de $F'c = 210$ kg/cm² que es el límite establecido en el diseño por medio del ensayo de compresión axial; siendo de esta manera que estos datos son favorables y aceptables por la razón que alcanzan las resistencias de $F'c = 297$ kg/cm², $F'c = 322$ kg/cm², $F'c = 342$ kg/cm², respectivamente, de igual manera la resistencia alcanzada por el porcentaje del 10% no es favorable pero si es aceptable por el límite establecido, puesto que llega a un valor de $F'c = 210$ kg/cm², mientras que los porcentajes del 15%, 25% y 50%, son desfavorables y no aceptables por el límite establecido en el diseño de la mezcla, puesto que sus valores están por debajo de dicho límite, que son $F'c = 145$ kg/cm², $F'c = 101$ kg/cm², $F'c = 42$ kg/cm², respectivamente, los valores obtenidos en la trabajabilidad del concreto convencional los porcentajes del 5% y 7% son aceptables por el límite establecido en la norma técnica peruana NTP 339.035 y por la norma ASTM C 143, que es de un SLUMP DE 2" @ 4", para un concreto convencional de una $F'c = 210$ kg/cm², los demás valores obtenidos de los porcentajes del 2%, 10%, 15%, 25% y 50%, también son aceptables por la norma técnica peruana, pero destinados para elementos estructurales con características especiales. De esta manera podremos aceptar la hipótesis: "Los resultados al comparar los ensayos de resistencia del concreto $F'c = 210$ kg/cm², frente al concreto con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en diferentes dosificaciones, son favorables y aceptables por la norma técnica, siendo el

segundo más resistente que el concreto convencional, En el trabajo de investigación de Carolina Muñoz titulada: Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio de la Universidad Austral de Chile – Valdivia - Chile, donde los resultados de la tesis confirma la hipótesis aceptada, mencionando que las fibras de vidrio favorecen la resistencia mecánica de los hormigones sobre todo con el porcentaje más alto de fibra que corresponde a 1.5%. y también en el trabajo de investigación de José Rojas titulada: Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $F'c=210$ kg/cm² adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico de la Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo – Perú, donde los resultados de la incorporación de vidrio son aceptables a sus 28 días de edad de curado y por ultimo también con la revista de publicación científica de M. Rodríguez y M. Ruiz de la Universidad Nacional de Córdoba – Córdoba - Argentina, que concluye que a los 28 días el pastón patrón cumplió con el requerimiento de resistencia (establecido en 25 MPa como se indicó anteriormente) mientras que la probeta con adición de vidrio alcanzó los 21,5 MPa de resistencia.

Discusión general

De acuerdo a los resultados finales de los ensayos de resistencia a los cuales han sido sometidos las probetas de concreto endurecido con una edad de 28 días de curado, viendo también la trabajabilidad que tuvo cada porcentaje de vidrio de sosa, cal y sílice en su incorporación a la mezcla, las mejoras que se obtuvo el concreto nos indican que el 2%, 5% y 7% de incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice, aumentan la resistencia de un concreto $F'c = 210$ kg/cm² de una manera favorable, alcanzando las resistencias para los ensayos de compresión axial de una $F'c = 297$ kg/cm², $F'c = 322$ kg/cm², $F'c = 342$ kg/cm², respectivamente y para los ensayos de compresión por tracción diametral, un $F'c = 48$ kg/cm², $F'c = 53$ kg/cm², $F'c = 42$ kg/cm², respectivamente, dando cabida a precisar que el concreto con la incorporación de estos porcentajes de vidrio pueden ser utilizados sin ningún tipo de problema en

construcciones civiles, puesto que el vidrio hace que aumente la resistencia de un concreto convencional de un $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ hasta un $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, concreto considerado de resistencia media - alta moderada según la UNACEM (UNACEM, 2013), con este tipo de incorporación y con estas específicas dosificaciones podemos utilizar el concreto para los siguientes tipos de obras civiles, como son: para cimentaciones de zapatas con o sin refuerzos considerados de resistencia media – alta moderada donde se pide un mínimo de una $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$; para elementos verticales como columnas y placas de resistencia media – alta moderada y muros de contención de concreto reforzado donde también se pide un mínimo de una $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, para elementos horizontales como vigas, losas macizas y techos aligerados de resistencia media – alta moderada, donde se pide un mínimo de una $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para elementos inclinados como escaleras reforzadas donde se pide un mínimo de una $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y para elementos presforzados como por ejemplo: elementos pretensados como Trabes de puentes y edificios, losas extruidas, viguetas, losas T, TT Y TTV de resistencia media – alta moderada, donde se pide un mínimo de una $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ para su fabricación y elementos postensados como Dovelas y trabes para puentes, losas con refuerzo bidireccional, diafragmas de puentes, vigas hiperestáticas de resistencia media – alta moderada, donde se pide un mínimo de una $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$. En el trabajo de investigación de Carolina Muñoz titulada: Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio de la Universidad Austral de Chile – Valdivia - Chile, donde los resultados de la tesis confirma la hipótesis aceptada, mencionando que las fibras de vidrio favorecen la resistencia mecánica de los hormigones sobre todo con el porcentaje más alto de fibra que corresponde a 1.5%. Y también en el trabajo de investigación de José Rojas titulada: Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico de la Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo – Perú, donde los resultados de la incorporación de vidrio son aceptables a sus 28 días de edad de curado.

CONCLUSIONES

Conclusiones específicas

1º Después de haber realizado trabajos de laboratorio y cálculos en gabinete de los parámetros para la dosificación de un concreto convencional $F'c=210\text{kg/cm}^2$ sin incorporación del vidrio, se llega a la conclusión de que estos parámetros están dentro de lo permitido y cumplen con los estándares que establece la norma técnica peruana.

- NTP 400.010 – Agregados, extracción y preparación
- NTP 400.037 – Agregados, requisitos.
- NTP 350.001 - Tamices de ensayo.
- NTP 400.011 – Agregados para el concreto, límites permisibles de tamaño.
- NTP 400.017 – pesos unitario suelto y compactado agregado fino y agregado grueso
- NTP 334.001 – El cemento portland.
- NTP 400.012 – tamizado agregado fino y agregado grueso.
- NTP 400.021 – porcentaje de absorción agregado grueso
- NTP 400.022 – porcentaje de absorción agregado fino

2º Al someter las probetas a los ensayos de resistencia de concreto endurecido y al ensayo de asentamiento SLUMP, para evaluar el comportamiento del concreto con la incorporación de diferentes dosificaciones de vidrio de sosa, cal y sílice, se llegó a la conclusión que las dosificaciones del 2% 5% 7% y 10% se encuentran en el rango de aceptación de la norma técnica peruana (NTP 339.034, La NTP 339.084) las cuales son referidas a la resistencia del concreto y a la norma americana ASTM C 143, la cual está referida al asentamiento del concreto, siendo la dosificación del 7% de la que mejor resultado se obtuvo.

Entonces, la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice a la mezcla de un concreto convencional hace que aumente su resistencia con la dosificación de 2% 5% 7% y se mantenga con el 10%, concluyendo que la incorporación de estos porcentajes de vidrio a un concreto convencional, hacen que el comportamiento del concreto sea aceptable y lo cual está permitido por la norma técnica peruana.

3º Al comparar los ensayos de resistencia de una probeta de concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con otras probetas cilíndricas, en la cual se incorporó vidrio de sosa, cal y sílice al 2%, 5%, 7%, 10%, 15%, 25%, 50% y viendo la trabajabilidad que tuvo la mezcla con estos porcentajes de dosificación, se llegó a la conclusión de que los porcentajes al 2%, 5%, 7% son favorables y están dentro de los parámetros de diseño; mientras que el 10%, 15%, 25% y 50%, no llegan a ser favorables, por ende, no llegan a estar dentro de los parámetros aceptables de diseño; incumpliendo de esta manera a la norma técnica peruana (NTP 339.034, La NTP 339.084) las cuales refieren a la resistencia del concreto y la norma americana ASTM C 143 al asentamiento del concreto).

Conclusión general

En la investigación se concluye, que después de los trabajos en laboratorio y gabinete, se llegó a identificar los parámetros del concreto con un diseño de mezcla, por el método ACI, luego se determinó el comportamiento del concreto con ensayos de compresión axial y de compresión por tracción diametral; para finalmente hacer la evaluación de los resultados, comparando una probeta madre, sin la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice frente a otras probetas con la incorporación de vidrio de sosa, cal y sílice en porcentajes del 2%, 5%, 7%, 10%, 15%, 25% y 50% en su dosificación, viendo la trabajabilidad que obtuvo en dichas incorporaciones. Llegando a la conclusión de que el porcentaje de dosificación del 7% de vidrio de sosa, cal y

sílice, incorporado a la mezcla de un concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, influye positivamente en la mejora de su resistencia, elevándolo hasta un $F'c = 342 \text{ kg/cm}^2$, siendo de esta manera dicho porcentaje de dosificación el más óptimo encontrado. Cabe precisar que existen también dos porcentajes de dosificación los cuales son del 2% y 5%, considerados como influyentes positivos en la mejora de la resistencia del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, siendo aceptados por los indicadores establecidos en el diseño de mezcla, por la norma técnica peruana (NTP 339.034 y la NTP 339.084), las cuales se refieren a la resistencia del concreto y la norma americana ASTM C 143, que hace referencia al asentamiento del concreto; dicha influencia es positiva y mejora la resistencia del concreto haciendo posible la utilización del mismo en otros elementos estructurales que demanden más resistencia a la compresión; confirmando de esta manera nuestra hipótesis de investigación.

RECOMENDACIONES

1. Extender la investigación con porcentajes mínimos de 1%, 3%, 6%, 8% y 9% de vidrio de sosa, cal y sílice, y sus intervalos numéricos, para ser incorporados a la mezcla.
2. Con la incorporación del 11% a más, de vidrio de sosa, cal y sílice, es recomendable utilizar el concreto para otro tipo de estructuras que no soporten mucha carga como veredas, solados, sobrecimientos, etc.
3. Utilizar el vidrio de sosa, cal y sílice lo más fino posible en este tipo de investigaciones puesto que el vidrio grueso al tener una granulometría diferente al del cemento o a la de la arena, no constituye un buen sustituto de la misma.
4. Debido a que la sílice es el más importante ingrediente del vidrio para ser utilizado en esta investigación, se recomienda usar la sílice puro con mínimas dosificaciones para su investigación.
5. Se recomienda la actualización constante de las normas mencionadas, ya que estas son la principal fuente ayuda en la investigación y ejecución de los ensayos, la aplicación de normas antiguas puede variar los resultados en gran medida.
6. Para la mejor identificación de parámetros y para tener resultados más exactos de ensayos se recomienda que se invierta en la actualización y adquisición de nuevos equipos, como también especializar y capacitar al personal a cargo de ellos.
7. Si se fomentara la reutilización masiva de vidrio en el país se podría llegar a desarrollar una actividad económica de ellas, ya que permitirían aprovechar estos materiales para la construcción, disminuyendo el impacto ambiental que producen estando a la intemperie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, D. A. (ENERO DE 2015). REUTILIZACIÓN DE VIDRIO PLANO COMO AGREGADO FINO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO Y CONCRETOS. *TESIS*. CARTAGO, CARTAGO, COSTA RICA.
2. COMITÉ ACI 116, A. (S.F.). REVISTA ACI. EN A. C. INSTITUTE.
3. DIARIO LA REPUBLICA. (2013). *EL 45% DE RESTOS QUE SE TIRA A MARES Y RÍOS ES PLÁSTICO Y CAUSA LA MUERTE DE LAS ESPECIES*. LIMA.
4. DISCOVERYMAX (DIRECCIÓN). (2006). *EL CEMENTO* [PELÍCULA].
5. DR. CASTRO LEÓN, E. Z. (2016). *TEORÍA Y PRÁCTICA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA*. HUANCAYO: PERUGRAPH SRL.
6. ESTHELA, G. G. (2007). DE LAS TEORIAS DEL DESARROLLO AL DESARROLLO SUSTENTABLE. *TRAYECTORIAS*, 45 - 49.
7. FRANK, R. L. (2015). ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE F'C=210 KG/CM² ADICIONANDO UN PORCENTAJE DE VIDRIO SÒDICO CÁLCICO. *TESIS*. TRUJILLO, TRUJILLO, PERU.
8. JOSELINE, M. A. (2007). COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO. *TESIS*. VALDIVIA, VALDIVIA, CHILE.
9. MOHS, F. (1822). *ESCALA DE DUREZA DE LOS MINERALES*. ALEMANIA.
10. NTP, N. T. (1970). *NTP 350.001 - TAMICES DE ENSAYO*. LIMA.
11. NTP, N. T. (1979). *NTP 339.047 - HORMIGON (CONCRETO)*. LIMA.
12. POVEDA R., G. V. (2015). ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO SOBRE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE ADOQUINES DE HORMIGON TIPO A. *REVISTA POLITECNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DE ECUADOR*.
13. RIVERA, I. G. (S.F.). *CONCRETO SIMPLE*.
14. RIVERA, I. G. (S.F.). CONCRETO SIMPLE. EN I. G. RIVERA, *CONCRETO SIMPLE* (PÁGS. 131 - 132).

15. RUIZ, M. R. (2016). EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE UN HORMIGON CON INCORPORACION DE VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO EN REEMPLAZO DEL CEMENTO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO. *REVISTA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES, VOL. 3, NO. 2, SEPTIEMBRE 2016.*
16. SENCICO. (2014). *MANUAL DE PREPARACIÓN, COLOCACIÓN Y CUIDADOS DEL CONCRETO.* LIMA: CARTOLAN EDITORES SRL.
17. SOILTEST, E. I.-U. (2015). *GRADACION - TAMICES.*
18. SOROUSHIAN, P. (2012). [HTTPS://CIVILGEEKS.COM/2016/08/08/LA-UTILIZACION-DEL-VIDRIO-MOLIDO-MATERIAL-CONSTRUCCION/](https://civilgeeks.com/2016/08/08/la-utilizacion-del-vidrio-molido-material-construccion/). OBTENIDO DE WWW.CONSTRUCCIONEINGENIERIA.ORG.
19. TRUJILLO, U. N. (2014). INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE VIDRIO SODICO CALCICO ADICIONADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION, AL ATAQUE POR CLORUROS Y TRABAJABILIDAD EN LA FABRICACION DEL CONCRETO CONVENCIONAL PARA EL SECTOR CONSTRUCCION. *TESIS.* TRUJILLO, TRUJILLO, PERU.
20. UNACEM. (2013). *REVISTA DE CEMENTOS UNACEM.* LIMA, LIMA, PERU.
21. UNAM, U. N. (2003). FUERZAS DE VAN DER WAALS. *LAS FUERZAS DE VAN DER WAALS.*
22. VASCO-EUSKAL, A. M. (2002). TEORIA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE. *ECOSISTEMAS, 1 - 6.*
23. VILLAR, I. E. (S.F.). ENSAYOS DE COMPRESION. EN I. E. VILLAR, *ENSAYOS DE TRACCION DIRECTA, CAP. 3 (PÁGS. 17 - 20).*

ANEXOS

1. Matriz de consistencia
2. Fichas de evaluación
3. Certificación de laboratorios
4. Calculo comparativo de costos.
5. Fotos
6. Etc.