

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“INFLUENCIA DE LA VARIACION DEL PORCENTAJE DE  
AGREGADO FINO Y GRUESO EN CONCRETOS DE ALTA  
RESISTENCIA”**

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

**ELABORADO POR**

**WILLIAM ERNESTO AVILA COTRINA**

**ASESOR**

**ING. RAFAEL CACHAY HUAMAN**

**Lima- Perú**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Elena y Ernesto que pusieron todo, en esta etapa de mi vida, para poder terminar con esta tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Elena Cotrina Llanos. y Ernesto Avila Miranda. por el apoyo en esta etapa de mi vida y estudios.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>PRÓLOGO</b> .....	6
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	13
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b> .....	20
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	21
1.1 OBJETIVO.....	23
1.1.1 OBJETIVOS GENERALES .....	23
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
1.2 HIPÓTESIS .....	24
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	25
2.1 LOS AGREGADOS .....	25
2.1.1 AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	26
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.....	27
2.2 CEMENTO PORTLAND .....	28
2.3 AGUA .....	29
2.4 ADITIVO.....	29
<b>CAPÍTULO III: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b> .....	30
3.1 GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS.....	30
3.2 PESO UNITARIO SUELTO. ....	33
3.3 PESO UNITARIO COMPACTADO. ....	34
3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD. ....	35
3.5 ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS. ....	35
3.6 PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS. ....	36
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLA</b> .....	38
4.1 DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LOS DISEÑOS.....	40
4.1.1 DISEÑO DE MEZCLA PATRON PARA UNA RELACIÓN A/C: 0.25,0.30 y 0.35. ....	40

4.1.2 DOSIFICACIÓN VARIANDO EL PORCENTAJE DE AGREGADOS FINO Y GRUESO.....	41
CAPÍTULO V: ENSAYOS .....	44
5.1 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	44
5.1.1 ASENTAMIENTO (SLUMP).....	44
5.1.2 PESO UNITARIO EN ESTADO FRESCO.....	48
5.1.3 TIEMPO DE FRAGUADO.....	51
5.2 ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO.....	95
5.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.25.....	95
5.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.30.....	104
5.2.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.35.....	112
5.2.4 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.25.....	121
5.2.5 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.30.....	129
5.2.6 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.35.....	138
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS..	147
6.1 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN MEDIANTE EL ARREGLO FACTORIAL Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.....	149
6.1.1 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25.....	149
6.1.2 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30.....	153
6.1.3 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35.....	156

6.2 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A LA TRACCIÓN MEDIANTE EL ARREGLO FACTORIAL Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.....	160
6.2.1 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25.....	160
6.2.2 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30.....	163
6.2.3 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35.....	165
6.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	167
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>171</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>172</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>175</b>

## RESUMEN

En el presente informe de investigación fue realizado con el objeto de observar la influencia que se da en el concreto de alta resistencia cuando se varia la cantidad de agregados (arena gruesa y piedra chancada).

Con el fin de observar los cambios en la resistencia que sufre el concreto, bajo estas modificaciones, es que se elabora este informe de investigación, utilizando agregados de la cantera de Carapongo, con cemento tipo I y utilizando aditivo superplastificante reductor de agua. para ello se desarrolló el diseño de mezcla patrón con el método de máxima compacidad para cada una de las relaciones de a/c de 0.25,0.30 y 0.35.

Ya en su estado rígido se ensayó las muestras en los periodos de 7, 14 y 28 días, realizando la comparación de cada una de estas variaciones, con su diseño patrón, para cada relación de a/c. Ensayos como la compresión axial y tracción por compresión diametral, los que mayormente se usa dentro del rubro de la construcción.

Los resultados obtenidos se evaluaron a través del método del análisis de varianza, cuyo planteamiento de hipótesis estadística se planteó para su hipótesis nula, "la variación de agregado fino y grueso no modifica al concreto elaborado con el diseño patrón" y para su hipótesis alterna "la variación de porcentaje de agregado fino y grueso si modifica al concreto elaborado con el diseño patrón".

Finalmente se mostrará el análisis realizado en base a los resultados, sacando conclusiones puntuales de lo investigado y dando recomendaciones a seguir.

## ABSTRACT

In this research report, it was carried out in order to observe the influence that occurs in high-strength concrete when the amount of aggregates is varied (coarse sand and crushed stone).

In order to observe the changes in the resistance suffered by the concrete, under these modifications, this research report is prepared, using aggregates from the Carapongo quarry, with type I cement and using a water-reducing superplasticizer additive. For this, the standard mix design was developed with the maximum compactness method for each of the w/c ratios of 0.25, 0.30 and 0.35.

Already in its rigid state, the samples were tested in periods of 7, 14 and 28 days, comparing each of these variations, with its pattern design, for each w/c ratio. Tests such as axial compression and diametral compression traction, which are mostly used within the construction industry.

The results obtained were evaluated through the analysis of variance method, whose statistical hypothesis approach was raised for its null hypothesis, "the variation of fine and coarse aggregate does not modify the concrete made with the standard design" and for its alternative hypothesis " the percentage variation of fine and coarse aggregate if it modifies the concrete made with the standard design".

Finally, the analysis carried out based on the results will be shown, drawing specific conclusions from the research and giving recommendations to follow.



## PRÓLOGO

Los concretos de alta resistencia se han desarrollado a nivel mundial hace muchos años, sin embargo, en nuestro país recién se les ha dado uso en estos últimos años; lo cual ha permitido la construcción de obras con mayores exigencias técnicas y estructurales, pero todavía se tienen aspectos por estudiar y precisar; por factores que influyen en las características finales del concreto de alta resistencia.

Existe una relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento, para el diseño de mezclas, pero en el campo de la construcción, una de las situaciones es que se cuente con escasas cantidades de arena o piedra. Y siendo los agregados uno de los materiales que presenta un mayor volumen en la composición del concreto, es que se plantea realizar modificaciones sobre esta.

En la presente tesis se ha tenido como objetivo estudiar el comportamiento de la resistencia a la compresión en concretos de alta resistencia variando la cantidad de los agregados, partiendo de un diseño patrón y utilizando aditivo superplastificante obtener concretos de alta resistencia.

Los antecedentes revisados a nivel nacional e internacional proporcionan las bases para desarrollar y lograr pautas del procedimiento a seguir; realizando una cantidad de ensayos de probetas, con diferentes relaciones de agua – cemento, con variaciones en porcentaje de las cantidades de los agregados, manteniendo constante los demás componentes del diseño.

La presente tesis ayudara a incrementar los conocimientos del concreto de alta resistencia y permitirá mejorar y ampliar su aplicación en obras donde no se pueda contar un suministro industrial del concreto (Concreto Premezclado).

Ing. Rafael Cachay Huamán.

CIP.50495.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro Granulométrico del Agregado Fino. ....	31
Tabla 2. Cuadro Granulométrico del Agregado Grueso. ....	32
Tabla 3. Peso Unitario Suelto de los Agregados. ....	34
Tabla 4. Peso Unitario Compactado de los Agregados. ....	34
Tabla 5. Contenido de Humedad de los Agregados. ....	35
Tabla 6. Porcentaje de Absorción de los Agregados. ....	35
Tabla 7. Peso Específico del Agregado Grueso. ....	36
Tabla 8. Peso Específico del Agregado Fino. ....	37
Tabla 9. Combinación de Pesos en los Agregados. ....	38
Tabla 10. Peso Unitario Compactado de los Agregados Combinados. ....	38
Tabla 11. Resumen de Combinación de Materiales. ....	39
Tabla 12. Dosificación de Materiales - Diseño Patrón a/c:0.25. ....	41
Tabla 13. Dosificación de los Materiales Diseño Patrón a/c:0.30. ....	41
Tabla 14. Dosificación de los Materiales Diseño Patrón a/c:0.35. ....	41
Tabla 15. Dosificación de Materiales Reduciendo la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.25. ....	42
Tabla 16. Dosificación de Materiales Aumentando la Arena en 5 % y 10% - Relación a/c:0.25. ....	42
Tabla 17. Dosificación de Materiales Reduciendo la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.30. ....	42
Tabla 18. Dosificación de Materiales Aumentando la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.30. ....	42
Tabla 19. Dosificación de Materiales Reduciendo la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.35. ....	43
Tabla 20. Dosificación de Materiales Aumentando la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.35. ....	43
Tabla 21. Ensayo Concreto a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. vs Slump. ....	44
Tabla 22. Ensayo Concreto a/c:0.30 - $\Delta\%$ A.f. vs Slump. ....	45
Tabla 23. Ensayo Concreto a/c:0.35 - $\Delta\%$ A.f. vs Slump. ....	46
Tabla 24. Ensayo Concreto a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. vs P.U.C. ....	48
Tabla 25. Ensayo Concreto a/c:0.30 - $\Delta\%$ A.f. vs P.U.C. ....	49
Tabla 26. Ensayo concreto a/c:0.35 - $\Delta\%$ A.f. vs P.U.C. ....	50

Tabla 27. <i>Ensayo a/c:0.25 - Diseño Patrón – Resistencia a la Penetración</i> .....	52
Tabla 28. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - Diseño Patrón</i> .....	52
Tabla 29. <i>Ensayo a/c:0.25 - con <math>\Delta\%</math>A.f. en (-5%) – Resistencia a la Penetración</i> .....	54
Tabla 30. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - <math>\Delta\%</math>A.f. en (-5%)</i> .....	55
Tabla 31. <i>Ensayo a/c:0.25 - con <math>\Delta\%</math>A.f. en (-10%) – Resistencia a la Penetración</i> .....	57
Tabla 32. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - <math>\Delta\%</math>A.f. en (-10%)</i> .....	57
Tabla 33. <i>Ensayo a/c:0.25 - con <math>\Delta\%</math>A.f. en (+5%) – Resistencia a la Penetración</i> .....	59
Tabla 34. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - <math>\Delta\%</math>A.f. en (+5%)</i> .....	60
Tabla 35. <i>Ensayo a/c:0.25 - con <math>\Delta\%</math>A.f. en (+10%) – Resistencia a la Penetración</i> .....	62
Tabla 36. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - <math>\Delta\%</math>A.f. (+10%)</i> .....	62
Tabla 37. <i>Ensayo a/c:0.30 - Resistencia a la Penetración Diseño Patrón</i> .....	66
Tabla 38. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - Diseño Patrón</i> .....	66
Tabla 39. <i>Ensayo a/c:0.30 <math>\Delta\%</math>A.f. en (-5%) - Resistencia a la Penetración</i> .....	68
Tabla 40. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. en (-5%)</i> .....	69
Tabla 41. <i>Ensayo a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. en (-10%) - Resistencia a la Penetración</i> .....	71
Tabla 42. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. en -10%</i> .....	71
Tabla 43. <i>Ensayo a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. en +5% - Resistencia a la Penetración</i> .....	73
Tabla 44. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. +5%</i> .....	74
Tabla 45. <i>Ensayo a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. en +10% - Resistencia a la Penetración</i> .....	76
Tabla 46. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - <math>\Delta\%</math>A.f. en +10%</i> .....	76
Tabla 47. <i>Ensayo a/c:0.35 Diseño Patrón - Resistencia a la Penetración</i> .....	80
Tabla 48. <i>Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - Diseño Patrón</i> .....	80
Tabla 49. <i>Ensayo a/c:0.35 - <math>\Delta\%</math>A.f. en (-5%) - Resistencia a la Penetración</i> .....	82

Tabla 50. Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - $\Delta\%$ A.f. en -5%.....	83
Tabla 51. Ensayo a/c:0.35 - $\Delta\%$ A.f. en (-10%) - Resistencia a la Penetración.....	85
Tabla 52. Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - %A.f. en (-10%). .....	85
Tabla 53. Resistencia a la Penetración (+5%) - a/c:0.35.....	87
Tabla 54. Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - %A.f. en (+5%). .....	88
Tabla 55. Resistencia a la Penetración (+10%) - a/c:0.35.....	90
Tabla 56. Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - $\Delta\%$ A.f. +10%.....	90
Tabla 57. Tiempo de Fraguado Inicial - a/c:0.25, 0.30 y 0.35.....	94
Tabla 58. Tiempo de Fraguado Final - a/c:0.25, 0.30 y 0.35. ....	94
Tabla 59. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - Diseño Patrón a/c:0.25. ....	96
Tabla 60. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (-10%) de A.f. - a/c:0.25. ....	96
Tabla 61. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (-5%) de A.f. - a/c:0.25. ....	97
Tabla 62. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (+5%) de A.f. - a/c:0.25. ....	97
Tabla 63. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (+10%) de A.f. - a/c:0.25. ....	98
Tabla 64. Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.25. ....	98
Tabla 65. Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.25. ....	99
Tabla 66. Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.25. ....	100
Tabla 67. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - Diseño Patrón - a/c:0.30. ....	104
Tabla 68. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (-10%) de A.f. - a/c:0.30. ....	105
Tabla 69. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (-5%) de A.f. - a/c:0.30. ....	105
Tabla 70. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (+5%) de A.f. - a/c:0.30. ....	106
Tabla 71. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (+10%) de A.f. - a/c:0.30. ....	106
Tabla 72. Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.30. ....	107
Tabla 73. Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.30. ....	108

Tabla 74. Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.30. ....	109
Tabla 75. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - Diseño Patrón - a/c:0.35. ....	113
Tabla 76. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (-10%) de A.f. - a/c:0.35. ....	113
Tabla 77. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (-5%) de A.f. - a/c:0.35. ....	114
Tabla 78. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (+5%) de A.f. - a/c:0.35. ....	114
Tabla 79. Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - (+10%) de A.f. - a/c:0.35. ....	115
Tabla 80. Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.35. ....	115
Tabla 81. Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.35. ....	116
Tabla 82. Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.35. ....	117
Tabla 83. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - Diseño Patrón - a/c:0.25. ....	121
Tabla 84. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-10%) de A.f. - a/c:0.25. ....	122
Tabla 85. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-5%) de A.f. - a/c:0.25. ....	122
Tabla 86. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+5%) de A.f. - a/c:0.25. ....	123
Tabla 87. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+10%) de A.f. - a/c:0.25. ....	123
Tabla 88. Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.25. ....	124
Tabla 89. Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.25. ....	125
Tabla 90. Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.25. ....	126
Tabla 91. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - Diseño Patrón - a/c:0.30. ....	130
Tabla 92. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-10%) de A.f. - a/c:0.30. ....	130
Tabla 93. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-5%) de A.f. - a/c:0.30. ....	131
Tabla 94. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+5%) de A.f. - a/c:0.30. ....	131

Tabla 95. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+10%) de A.f. - a/c:0.30.....	132
Tabla 96. Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.30.....	132
Tabla 97. Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.30.....	133
Tabla 98. Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.30.....	134
Tabla 99. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - Diseño Patrón - a/c:0.35.....	138
Tabla 100. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-10%) de A.f. - a/c:0.35.....	139
Tabla 101. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-5%) de A.f. - a/c:0.35.....	139
Tabla 102. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+5%) de A.f. - a/c:0.35.....	140
Tabla 103. Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+10%) de A.f. - a/c:0.35.....	140
Tabla 104. Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.35.....	141
Tabla 105. Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.35.....	142
Tabla 106. Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.35.....	143
Tabla 107. Cuadro de Rangos Mínimos Significativos de Duncan. ....	148
Tabla 108. F'c a los 28 días - Relación a/c=0.25. ....	149
Tabla 109. Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Compresión (f'c)) A.f. - a/c:0.25.....	150
Tabla 110. Análisis de Varianza (resistencia a la compresión (f'c))- Relación a/c:0.25. ....	150
Tabla 111. Diferencia de Promedios por Grupos - a/c:0.25.....	151
Tabla 112. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Compresión - a/c:0.25.....	152
Tabla 113. F'c a los 28 días - Relación a/c=0.30. ....	153
Tabla 114. Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Compresión (f'c)) A.f. - a/c:0.30.....	154
Tabla 115. Análisis de Varianza (Resistencia a la Compresión (f'c))- Relación a/c:0.30. ....	154
Tabla 116. Diferencia de Promedios por Grupos - a/c:0.30.....	155
Tabla 117. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Compresión - a/c:0.30.....	156
Tabla 118. F'c a los 28 días - Relación a/c=0.35. ....	156

Tabla 119. Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Compresión ( $f'c$ )) A.f. - $a/c:0.35$ .....	157
Tabla 120. Análisis de Varianza (Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ))- Relación $a/c:0.35$ .....	157
Tabla 121. Diferencia de Promedios por Grupos - $a/c:0.35$ .....	158
Tabla 122. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Compresión - $a/c:0.35$ .....	159
Tabla 123. Tracción (T) a los 28 días - Relación $a/c=0.25$ .....	160
Tabla 124. Resumen de Variación de Dosificación (Resistencia a la Tracción) A.f. - $a/c:0.25$ .....	161
Tabla 125. Análisis de Varianza (Resistencia a la Tracción (T))- Relación $a/c:0.25$ .....	161
Tabla 126. Diferencia de Promedios por Grupos - $a/c:0.25$ .....	162
Tabla 127. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Tracción - $a/c:0.25$ .....	163
Tabla 128. Tracción (T) a los 28 días - Relación $a/c=0.30$ .....	163
Tabla 129. Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Tracción (T)) A.f. - $a/c:0.30$ .....	164
Tabla 130. Análisis de Varianza (resistencia a la Tracción (T))- Relación $a/c:0.30$ .....	164
Tabla 131. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Tracción - $a/c:0.30$ .....	165
Tabla 132. Tracción (T) a los 28 días - Relación $a/c=0.35$ .....	165
Tabla 133. Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Tracción (T)) A.f. - $a/c:0.35$ .....	166
Tabla 134. Análisis de Varianza (Resistencia a la Tracción (T))- Relación $a/c:0.35$ .....	166
Tabla 135. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Tracción - $a/c:0.35$ .....	167
Tabla 136. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un $\Delta$ A.f. en (-10%).....	168
Tabla 137. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un $\Delta$ A.f. en (-5%).....	168
Tabla 138. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para el Diseño Patrón.....	168
Tabla 139. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un $\Delta$ A.f. en (+5%).....	168
Tabla 140. Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un $\Delta$ A.f. en (+10%).....	169

---

Tabla 141. <i>Variación Porcentual (<math>\Delta\%</math>) de la Tracción, para un <math>\Delta A.f.</math> en (-10%).</i> .....	169
Tabla 142. <i>Variación Porcentual (<math>\Delta\%</math>) de la Tracción, para un <math>\Delta A.f.</math> en (-5%).</i> .....	169
Tabla 143. <i>Variación Porcentual (<math>\Delta\%</math>) de la Tracción, para el Diseño Patrón.</i> .....	170
Tabla 144. <i>Variación Porcentual (<math>\Delta\%</math>) de la Tracción, para un <math>\Delta A.f.</math> en (+5%).</i> .....	170
Tabla 145. <i>Variación Porcentual (<math>\Delta\%</math>) de la Tracción, para un <math>\Delta A.f.</math> en (+10%).</i> .....	170



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	31
Figura 2. Curva Granulométrica del Huso ASTM 56.....	33
Figura 3. Curva PUC vs % Arena.....	39
Figura 4. $\Delta\%$ A.f. vs Slump - Concreto a/c:0.25.....	45
Figura 5. $\Delta\%$ A.f. vs Slump - Concreto a/c:0.30.....	46
Figura 6. $\Delta\%$ A.f. vs Slump - Concreto a/c:0.35.....	47
Figura 7. $\Delta\%$ A.f. vs P.U.C. - Relación a/c:0.25.....	49
Figura 8. $\Delta\%$ A.f. vs P.U.C. - Relación a/c:0.30.....	50
Figura 9. $\Delta\%$ A.f. vs P.U.C. - Relación a/c:0.35.....	51
Figura 10. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – (Diseño Patrón).....	53
Figura 11. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – (Diseño Patrón).....	53
Figura 12. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – $\Delta\%$ A.f. en (-5%).....	55
Figura 13. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – $\Delta\%$ A.f. en (-5%).....	56
Figura 14. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. en (-10%).....	58
Figura 15. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. en (-10%).....	58
Figura 16. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. en (+5%).....	60
Figura 17. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. en (+5%).....	61
Figura 18. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. en (+10%).....	63
Figura 19. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - $\Delta\%$ A.f. en (+10%).....	63
Figura 20. Curva Normal Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).....	64
Figura 21. Curva Logarítmica Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).....	65

Figura 22. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.30.....	67
Figura 23. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.30.....	67
Figura 24. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.30.....	69
Figura 25. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.30.....	70
Figura 26. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.30.....	72
Figura 27. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.30.....	72
Figura 28. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.30.....	74
Figura 29. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.30.....	75
Figura 30. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.30.....	77
Figura 31. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.30.....	77
Figura 32. Curva Normal Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).....	78
Figura 33. Curva Logarítmica Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).....	79
Figura 34. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.35.....	81
Figura 35. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.35.....	81
Figura 36. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.35.....	83
Figura 37. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.35.....	84
Figura 38. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.35.....	86

Figura 39. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.35.....	86
Figura 40. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.35.....	88
Figura 41. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.35.....	89
Figura 42. Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.35.....	91
Figura 43. Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.35.....	91
Figura 44. Curva Normal Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).....	92
Figura 45. Curva Logarítmica Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).....	93
Figura 46. Curva Fraguado Inicial vs $\Delta\%$ A.f.....	94
Figura 47. Curva Fraguado Final vs $\Delta\%$ A.f.....	95
Figura 48. Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.25.....	99
Figura 49. Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.25.....	100
Figura 50. Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.25.....	101
Figura 51. Variación de la Resistencia Promedio - Diseño Patrón - a/c:0.25.....	101
Figura 52. Variación de la Resistencia Promedio - (-10%) A.f. - a/c:0.25.....	102
Figura 53. Variación de la Resistencia Promedio - (-5%) A.f. - a/c:0.25.....	102
Figura 54. Variación de la Resistencia Promedio - (+5%) A.f. - a/c:0.25.....	103
Figura 55. Variación de la Resistencia Promedio - (+10%) A.f. - a/c:0.25.....	103
Figura 56. Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.30.....	107
Figura 57. Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.30.....	108
Figura 58. Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.30.....	109
Figura 59. Variación de la Resistencia Promedio - Diseño Patrón - a/c:0.30.....	110
Figura 60. Variación de la Resistencia Promedio - (-10%) A.f. - a/c:0.30.....	110
Figura 61. Variación de la Resistencia Promedio - (-5%) A.f. - a/c:0.30.....	111

Figura 62. Variación de la Resistencia Promedio - (+5%) A.f. - a/c:0.30. ....	111
Figura 63. Variación de la Resistencia Promedio - (+10%) A.f. - a/c:0.30.....	112
Figura 64. Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.35. ....	116
Figura 65. Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.35. ....	117
Figura 66. Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.35. ....	118
Figura 67. Variación de la Resistencia Promedio - Diseño Patrón - a/c:0.35.....	118
Figura 68. Variación de la Resistencia Promedio - (-10%) A.f. - a/c:0.35.....	119
Figura 69. Variación de la Resistencia Promedio - (-5%) A.f. - a/c:0.35. ....	119
Figura 70. Variación de la Resistencia Promedio - (+5%) A.f. - a/c:0.35. ....	120
Figura 71. Variación de la Resistencia Promedio - (+10%) A.f. - a/c:0.35.....	120
Figura 72. Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.25.....	124
Figura 73. Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.25.....	125
Figura 74. Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.25.....	126
Figura 75. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - Diseño Patrón - a/c:0.25.....	127
Figura 76. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-10%) A.f. - a/c:0.25. ....	127
Figura 77. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-5%) A.f. - a/c:0.25. ....	128
Figura 78. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+5%) A.f. - a/c:0.25. ....	128
Figura 79. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+10%) A.f. - a/c:0.25. ....	129
Figura 80. Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.30.....	133
Figura 81. Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.30.....	134
Figura 82. Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.30.....	135
Figura 83. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - Diseño Patrón - a/c:0.30.....	135
Figura 84. Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-10%) A.f. - a/c:0.30. ....	136

Figura 85. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-5%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.30.</i> .....	136
Figura 86. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+5%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.30.</i> .....	137
Figura 87. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+10%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.30.</i> .....	137
Figura 88. <i>Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.35.</i> .....	141
Figura 89. <i>Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.35.</i> .....	142
Figura 90. <i>Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.35.</i> .....	143
Figura 91. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - Diseño</i>	
<i>Patrón - a/c:0.35.</i> .....	144
Figura 92. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-10%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.35.</i> .....	144
Figura 93. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-5%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.35.</i> .....	145
Figura 94. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+5%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.35.</i> .....	145
Figura 95. <i>Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+10%)</i>	
<i>A.f. - a/c:0.35.</i> .....	146
Figura 96. <i>Resistencia a la compresión (f'c) a los 28 días - Relación</i>	
<i>a/c:0.25.</i> .....	149
Figura 97. <i>Resistencia Promedio según Δ % A.f. - a/c:0.25.</i> .....	152
Figura 98. <i>Resistencia a la Compresión (f'c) a los 28 días - Relación</i>	
<i>a/c:0.30.</i> .....	153
Figura 99. <i>Resistencia Promedio según Δ % A.f. – a/c:0.30.</i> .....	155
Figura 100. <i>Resistencia a la Compresión (f'c) a los 28 días - Relación</i>	
<i>a/c:0.35.</i> .....	157
Figura 101. <i>Resistencia Promedio según Δ % A.f. – a/c:0.35.</i> .....	159
Figura 102. <i>Resistencia a la Tracción (T) a los 28 días - Relación</i>	
<i>a/c:0.25.</i> .....	160
Figura 103. <i>Resistencia Promedio según Δ % A.f. - a/c:0.25.</i> .....	162
Figura 104. <i>Resistencia a la Tracción (T) a los 28 días - Relación</i>	
<i>a/c:0.30.</i> .....	164
Figura 105. <i>Resistencia a la Tracción (T) a los 28 días - Relación</i>	
<i>a/c:0.35.</i> .....	166

Figura 106. Tamiz de Ensayo para Agregados Finos. (Capítulo 3.1; pág. 31).....	179
Figura 107. Ensayos del Agregado Fino (Capítulo 3.1; pág. 31).....	179
Figura 108. Pesaje de los Materiales Retenidos en Cada Tamiz del Agregado Fino (Capítulo 3.1; pág. 31).....	180
Figura 109. Tamizadora de Agregado Grueso. (Capítulo 3.1; pág. 32).....	182
Figura 110. Ensayo de Separación de tamaños del agregado grueso. (Capítulo 3.1; pág. 32).....	182
Figura 111. Pesaje de los Agregados Retenidos en cada Malla del Agregado Grueso. (Capítulo 3.1; pág. 32).....	183
Figura 112. Muestra Representativa del Agregado Fino. (Capítulo 3.2; pág. 33).....	185
Figura 113. Cuarteo del Agregado Fino. (Capítulo 3.2; pág. 33).....	185
Figura 114. Cuarteo del Agregado Grueso. (Capítulo 3.2; pág. 33).....	186
Figura 115. Pesaje del Material de Agregado Fino en Estado Suelto. (Capítulo 3.2; pág. 33).....	186
Figura 116. Pesaje del Material del Agregado Grueso en Estado Suelto. (Capítulo 3.2; pág. 33).....	187
Figura 117. Compactado del Agregado Fino. (Capítulo 3.3; pág. 34).....	188
Figura 118. Compactado del Agregado Grueso. (Capítulo 3.3; pág. 34).....	188
Figura 119. Muestra de Agregado Fino para el Cálculo de Contenido de Humedad. (Capítulo 3.4; pág. 35).....	189
Figura 120. Secado al Horno del Agregado Grueso y Fino. (Capítulo 3.4; pág. 35).....	189
Figura 121. Muestra del Agregado Fino después de 24 en el Horno.....	190
Figura 122. Muestra de la Arena Gruesa en Estado Natural. (Capítulo 3.5; pág. 35).....	191
Figura 123. Peso de la Muestra de Arena Gruesa Seca al Horno después de 24 Horas. (Capítulo 3.5; pág. 35).....	192
Figura 124. Muestra del Agregado Grueso Saturado para el Peso Específico (Capítulo 3.6; pág. 36).....	193
Figura 125. Ensayo de Medición del Agregado Grueso en Agua. (Capítulo 3.6; pág. 36).....	194
Figura 126. Muestra de la Arena Gruesa Saturada.....	195
Figura 127. Arena Gruesa Superficialmente Saturada.....	195

Figura 128. Llenado de la Fiola con Arena Superficialmente Saturada. ....	196
Figura 129. Peso de la Arena Gruesa + Agua + Fiola.....	196
Figura 130. Mezcla de los Porcentajes de Agregados para Encontrar en Punto de Máxima Compacidad. (Capítulo 4; pág. 38).....	197
Figura 131. Llenado del Balde en 3 capas de 25 golpes. (Capítulo 4; pág. 38).....	197
Figura 132. Enrasado del Material mezclado. (Capítulo 4; pág. 38).....	198
Figura 133. Pesaje de del Material Mezclado y Compactado. (Capítulo 4; pág. 38).....	198
Figura 134. Slump de la Mezcla de Concreto, Según Diseño (Capítulo 5.1.1; pág. 44).....	199
Figura 135. Mezclado del Concreto para los Diseños de a/c: 0.25,0.30 y 0.35. (Capítulo 5.1.2; pág. 48).....	200
Figura 136. Peso del Balde 1/3 pie 3. (Capítulo 5.1.2; pág. 48).....	200
Figura 137. Llenado y Compactado del Concreto. (Capítulo 5.1.2; pág. 48).....	201
Figura 138. Peso del Concreto en Estado Fresco. (Capítulo 5.1.2; pág. 48).....	201
Figura 139. Separación de la Pasta de Concreto, con la Mesa Vibradora. (Capítulo 5.1.3; pág. 51).....	202
Figura 140. Llenado de Recipiente para el Ensayo de Fraguado. (Capítulo 5.1.3; pág. 51).....	202
Figura 141. Equipo de Medición de la Resistencia a la Penetración del Mortero de Concreto. (Capítulo 5.1.3; pág. 51).....	203
Figura 142. Ensayo de Resistencia a la Penetración en el Tiempo. (Capítulo 5.1.3; pág. 51).....	203
Figura 143. Llenado y Compactado del Concreto en Probetas de 4" x 8". (Capítulo 5.2.1; pág. 95).....	204
Figura 144. Curado de las Probetas de Concreto. (Capítulo 5.2.1; pág. 95).....	204
Figura 145. Medición del Diámetro de las Probetas a Ensayar. (Capítulo 5.2.1; pág. 95).....	205
Figura 146. Medición de la Altura de las Probetas de Concreto. (Capítulo 5.2.1; pág. 95).....	205

Figura 147. <i>Ensayo de las Probetas a Compresión Axial. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)</i> .....	206
Figura 148. <i>Rotura de las Probetas de Concreto a Compresión Axial. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)</i> .....	207
Figura 149. <i>Ensayo a Tracción de las Probetas. (Capítulo 5.2.2; pág. 121)</i> .....	208
Figura 150. <i>Estado tras Finalizado, los Ensayos a Tracción de las Probetas de Concreto. (Capítulo 5.2.2; pág. 121)</i> .....	208



## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO.	: American Association of State Highway and Transportation Officials
a/c	: Relación agua – cemento.
A.C.I.	: American Concrete Institute.
A.f.	: Agregado fino.
A.g.	: Agregado grueso.
ASTM.	: American Society for Testing and Materials.
Acum.	: acumulado
C.H.	: Contenido de Humedad.
f'c	: Resistencia a la Compresión.
H:m	: Horas - minutos
M.F.	: Modulo de Finura.
N.T.P.	: Norma Técnica Peruana
P.E.	: Peso Específico.
P.U.C.	: Peso Unitario Compactado.
P.U.S	: Peso Unitario Suelto.
Prom	: Promedio
s.s.s.	: Superficialmente saturado.
T.M.N.	: Tamaño Máximo Nominal.
T.M.	: Tamaño Máximo.
$\Delta\%A.f.$	: Variación del Porcentaje de Agregado Fino.
$S^2$	: Sumatoria de los cuadrados de los Promedios.
$n$	: Es la cantidad de repeticiones.
$r_p$	: Es el punto crítico del valor de la media Estudentizado.
$R_p$	: Es el rango de menor significancia.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La investigación que a continuación se muestra, tiene por objeto conocer y analizar los efectos que se producen al variar la cantidad de material fino y grueso en el concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido, concretamente para la relación de agua – cemento de 0.25,0.30 y 0.35.

Esto se debe a que existe duda permanente en si utilizar una mayor cantidad de material fino, aumenta o disminuye la resistencia final en concretos con relaciones bajas de agua - cemento.

Para lo cual desarrollaremos el marco teórico conceptual; en donde los ensayos de las propiedades físicas de los agregados, realizadas en laboratorio, nos proporcionaran información necesaria para desarrollar la investigación; bajo la supervisión de Ingenieros y técnicos que constatan los valores obtenidos. Por otro lado, la evidencia empírica se basa en los trabajos de campo, con el apoyo de diferentes instrumentos de medición para la recopilación de datos.

Las variables e indicadores recopilados en laboratorio giraron basándose en 4 aspectos; primero, la calidad de los agregados utilizados para los ensayos; estos deben de ser de canteras o distribuidoras confiables que garanticen una uniformidad en su composición; segundo, el cemento a usar, debe de ser del más común, de fácil adquisición y de reciente envasado, con el fin de garantizar la correcta reacción en el diseño de mezcla; tercero, el aditivo a usar deberá ser un superplastificante de reciente fabricación, que garantice su reacción con el cemento para el mezclado; cuarto, todos los componentes de los materiales a utilizar fueron guardados correctamente con el fin de no perder sus propiedades y características a lo largo de la ejecución de la presente investigación.

### ANTECEDENTES

El porcentaje de agregado grueso y fino usado en un diseño de mezcla es un factor que se tiene siempre presente en la fabricación de concreto.

Se han estudiado distintas propiedades del concreto así como insumos que se usan en la fabricación del mismo, hay investigaciones que estudian propiedades de los agregados del concreto como por ejemplo la tesis titulada: *"INFLUENCIA DE LA CANTIDAD DE AGREGADO MAS FINO QUEPASALA MALLA N°100 EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE BAJA Y MEDIANA*

*RESISTENCIA FABRICADO CON CEMENTO TIPO I ANDINO*" de Nila Magali Santa Cruz Balta, en donde estudia los efectos generados por una variación en la composición granulométrica del agregado fino.

Está, también la tesis titulada: *"ESTUDIOS DE CONCRETOS DE ALTA DURABILIDAD"* de Victor Michael Morales Alejandro, en donde evalúa el desempeño de seis mezclas para lograr concretos potencialmente durables y resistentes, para seleccionar el de mejores características enfocados en determinar las propiedades mecánicas de las dosificaciones de los agregados en el concreto.

Esta también la investigación titulada: *"INFLUENCIA DE LA FORMA Y TEXTURA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA OLANO EN LA CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EL DISTRITO DE JAEN- CAJAMARCA"* de Contreras Delgado Weeder Alexander, en donde realiza un análisis de las texturas del agregado grueso y su influencia en la resistencia del concreto.

Es sobre la base de estos antecedentes que se desarrolla la presente investigación, evaluando aspectos similares como las propiedades físicas de los agregados; el método de diseño de mezcla (máxima compacidad); la evaluación y comparación del porcentaje de variación de resistencia final para cada a/c, y finalmente la evaluación estadística de los resultados obtenidos. Dejando por hacer evaluaciones de ensayos pendientes en estado fresco, como la exudación y contenido de aire.

## PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

En el campo de la construcción y en el trabajo diario es cotidiano realizar el vaciado de concreto en obra y en esa tarea se presenta una gran cantidad de situaciones, como por ejemplo que se agote el agregado grueso o el fino, y no se pueda seguir con la proporción que se indica en el diseño de mezcla, lo cual genera que el profesional tenga que plantear soluciones.

Cuando se realiza un diseño de concreto se tienen cantidades específicas a usar en la mezcla, el diseño indica una proporción con cantidades específicas de agregado fino y grueso a usar, sin embargo, es posible que se presente el caso en donde no se cuente con el agregado suficiente para poder cumplir con la proporción indicada en el diseño de mezcla. Es, en esta situación que, se presenta una gran cantidad de ideas para solucionar el problema y con esto no parar la producción del concreto, sin embargo, que sucede si, no respetamos la proporción de agregado que indica el diseño de mezcla y se plantea por las razones antes mencionadas el uso de una cantidad mayor de un determinado agregado, ya sea incrementar la cantidad de agregado grueso o fino.

Ante esta problemática es que se plantea la presente investigación, en donde se identificara los efectos que se producen en la resistencia del concreto al realizar una variación en la proporción de agregado grueso y fino, manteniendo fijo la proporción de los demás componentes; para así poder estudiar los efectos que genera en la resistencia final del concreto.

Se estudiará los efectos que esta variación produce en el concreto en estado fresco y endurecido, para lo cual se realizaran ensayos de laboratorio y una posterior comparación y análisis de los resultados obtenidos.

## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1 OBJETIVOS GENERALES**

- Determinar la variación de la resistencia a la compresión, que se presenta en concretos de alta resistencia debido a la variación de las proporciones del agregado fino y grueso, con un Slump de 3" a 5".

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar los efectos producidos en el concreto en estado fresco para las relaciones de agua cemento de 0.25, 0.30 y 0.35.
2. Determinar los efectos producidos en el concreto en estado endurecido por la variación de la proporción del agregado grueso y fino a los 28 días.
3. Realizar ensayos de rotura a compresión axial y tracción por compresión diametral de las probetas de concreto a los 7, 14 y 28 días.

## 1.2 HIPÓTESIS

En la presente investigación se estudiará los efectos producidos por la variación de las proporciones de los agregados fino y gruesos en los concretos de alta resistencia, según lo cual: Se postula que, la variación de la arena gruesa y piedra chancada genera un cambio en la resistencia a la compresión del concreto.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En este presente capítulo, se recopilará las definiciones de concreto, agregados, agregado fino y grueso, las propiedades tales como la granulometría, tamaño máximo (TM), tamaño máximo nominal (TMN), módulo de finura del agregado ; características como porcentaje de absorción, peso específico, peso unitario suelto y compactado, contenido de humedad, tiempo de fraguado, que estas tienen; el cemento, el agua, y el aditivo superplastificante y reductor de agua, que viene a ser el componente adicional que se utiliza, para poder llegar a las relaciones de a/c establecida para esta investigación.

La norma NTP 339.047 titulada: “HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados”, define al concreto como: “Mezcla de material aglomerante (conglomerante), agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos”. (NTP 339.047, 2021, pág. 6) de esta definición se desprende que el concreto es un material formado por cuatro elementos principales que son el agregado grueso, agregado fino, material aglomerante que usualmente es el cemento y el agua.

Es también común el uso de adiciones o aditivos para mejorar las características del concreto; en la presente investigación se evaluará los efectos causados por la variación de los agregados fino y grueso en  $\pm 5\%$  y  $\pm 10\%$ , en la resistencia final de concretos de alta resistencia, la investigación se centrará en hacer una comparación de concretos con distintas relaciones de a/c y distintas proporciones de agregado.

### 2.1 LOS AGREGADOS

La norma define a los agregados usados para el concreto de la siguiente manera: “Es un conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.037” (NTP 339.047, 2021, pág. 3) de esta definición se desprende que tanto el agregado grueso como el agregado fino forman parte de los agregados usados en el hormigón o concreto.

### 2.1.1 AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

La norma NTP 339.047 define al **Agregado Fino** como: “Es el agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg.) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037” (NTP 339.047, 2021, pág. 3), según la norma el agregado debe estar libre de terrones, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, polvo y otras sustancias dañinas para la correcta adherencia en el concreto (NTP 400.011,2020, pág. 7) y a su vez define al **Agregado Grueso** como: “Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (Nº 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca” (NTP 339.047, 2021, pág. 4); dentro del grupo del agregado grueso se puede considerar como agregados comerciales la piedra chancada de 1/8 pulg., 1/4 pulg., 1/2 pulg., y de 3/4 pulg. y las piedras naturales de 1/4 pulg., 1/2 pulg., 3/4 pulg.

De estas definiciones se entiende que los agregados fino y grueso se obtienen al ser separados por las mallas indicadas, y a su vez son usados en distintas proporciones en la fabricación del concreto.

Dentro del grupo del agregado grueso se puede considerar como agregados comerciales la piedra chancada, cuyas principales PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS deberán cumplir lo siguiente.

- **Granulometría:** “representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada una de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales acumulados”. (NTP 400.011,2020, pág. 6).
- **Tamaño Máximo (TM):** “Es aquel que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso”. (NTP 400.011,2020, pág. 7).
- **Tamaño Máximo Nominal (TMN):** “Es aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”. (NTP 400.011,2020, pág. 7).

- **Módulo de Finura del Agregado:** “Es un factor obtenido mediante la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los siguientes tamices, y dividido entre 100: 6 pulg, 3 pulg, 1 ½ pulg, ¾ pulg, ⅜ pulg, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100”. (NTP 339.047, 2021, pág. 16).

De los anterior se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

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

## 2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

### 2.1.2.1 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (NTP 400.021):

Se llama absorción a la relación que existe entre el aumento de peso y el peso de la muestra seca, expresada en porcentaje.

Según la NTP podemos definir la absorción como la cantidad de líquido absorbida por el agregado, sumergido en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco.

$$\text{Porcentaje de absorcion (\%Abs)} = 100x\left(\frac{B - A}{A}\right) \quad (2)$$

Donde:

A: masa de muestra seca al horno en aire (g).

B: masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire (g).

### 2.1.2.2 PESO ESPECÍFICO (NTP 400.021):

La NTP, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua.

### 2.1.2.3 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO (NTP 400.017):

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los espacios vacíos.

El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en la NTP 400.017.



Cabe recalcar que el peso unitario varía según las condiciones intrínsecas del agregado, como su forma granulométrica y tamaño máximo con el volumen del recipiente, la forma de colocación; por lo que su determinación en el laboratorio no siempre corresponde al que se obtiene en condiciones de obra.

#### **2.1.2.4 CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.010 y ASTM C-566):**

Es la cantidad de agua en exceso en un estado saturado y con una superficie seca expresado en porcentaje (%).

Los procedimientos para su determinación se encuentran normalizados en la norma ASTM C-566 y NTP 400.010.

#### **2.1.2.5 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082).**

Este ensayo normado transcurre en horas, con desprendimiento de calor, donde los componentes más solubles en agua se disuelven en la fase líquida de la pasta y de dicha fase se separan y cristaliza otros que pasan a construir la fase sólida. Donde la pasta va perdiendo plasticidad y adquiere rigidez.

El ensayo tiene por objetivo encontrar el tiempo que demora el concreto en ganar resistencia desde el contacto inicial entre el cemento y el agua.

El fraguado consta de dos periodos: fraguado inicial y el fraguado final.

**Fraguado Inicial:** “Tiempo transcurrido después del contacto inicial del cemento y el agua, necesario para que el mortero tamizado del concreto alcance una resistencia a la penetración de 4.5 MPa (NTP 339.047,2021, pág. 19).

**Fraguado Final:** “Tiempo transcurrido, después del contacto inicial del cemento y el agua, necesario para que el mortero tamizado del concreto alcance una resistencia a la penetración de 27.6 MPa” (NTP 339.047,2021, Pág 18).

En el presente trabajo de investigación se detalla las mediciones y los resultados obtenidos de cada ensayo realizado (relación de a/c de 0.25,0.30, y 0.35).

## **2.2 CEMENTO PORTLAND**

“Es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulico y que contiene generalmente uno o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda” (NTP 339.047,2021, Pág. 7).

Este material pulverizado combinado con agua forma una pasta capaz de endurecer en el agua y al aire.

El cemento portland normal o tipo I es de uso general en la construcción, donde no se requiere que tenga propiedades especiales, para la presente investigación se usó el cemento SOL TIPO I el cual es de uso común y cuyas características técnicas cumple con la NTP 334.009 y ASTM C- 150 contempladas en su ficha técnica (Ver Anexo A).

### **2.3 AGUA**

Los requisitos para la calidad del agua (obtenidos por AASHTO T-26) empleados en concretos de alta resistencia no son más rigurosos que los utilizados en concretos convencionales.

Ya que el agua desempeña la función de generar el proceso de reacción en el cemento, hidratando el concreto y manifestándose como lubricante para contribuir en la trabajabilidad.

### **2.4 ADITIVO**

La norma define a los aditivos de la siguiente manera: “Es el producto químico que, añadido en pequeña cantidad al concreto, permite mejorar ciertas propiedades, cualidades deseadas, tanto para el hormigón (concreto), en su estado fresco como endurecido. Se encuentra en el mercado en forma de polvos solubles, escamas o soluciones” (NTP 339.047, 2021, pág. 2).

“Para alcanzar la propiedad deseada en el concreto se debe tomar en cuenta que la eficacia del aditivo depende de factores como el tipo y cantidad de cemento, proporción de agua, forma del agregado, granulometría y proporciones, tiempo de mezclado, las temperaturas del concreto y del ambiente” (Alejandre, 2015, pág. 9).

Las razones más comunes que se usa un aditivo son para incrementar la trabajabilidad sin cambiar el contenido de agua. Para ello en el presente informe de investigación se utilizó un aditivo superplastificante (Z Fluidizante SR 1000), cuyas especificaciones técnicas están descritas en el anexo B.

## **CAPÍTULO III: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

En este capítulo se describe y se procesa los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio, como la granulometría de los agregados, detallando los valores obtenidos de acuerdo a cada tamiz, y la gráfica, que muestra la distribución con respecto a los requisitos granulométricos establecidos en la norma; peso unitario suelto y compactado, en los cuales se detalla los valores de los recipientes y pesos utilizados para poder calcular estos valores; Contenido de Humedad, aquí se detalla los pesos que se obtiene de los agregados en estado natural y el secado al horno; Absorción de los agregados y pesos específicos, de los agregados fino y grueso que las componen.

Los ensayos realizados para la presente investigación se realizaron en el laboratorio de ensayo de materiales LEM – UNI. Para ello se trasladó y almaceno los materiales a utilizarse.

Para la presente investigación se tomaron muestras representativas de los materiales gruesos y finos los cuales se coloca en el horno durante 24 horas. Luego se colocó cada uno en los equipos de tamizado del laboratorio, para posteriormente pesar los materiales retenidos de cada tamiz.

A continuación, pasamos a mostrar los ensayos realizados a los agregados grueso y fino.

### **3.1 GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS**

El material utilizado en las diferentes relaciones de a/c del concreto y sus modificaciones en porcentaje del agregado fino, es procedente de la cantera de Carapongo, el cual según procedimientos de la norma NTP 400.012, se realizaron los ensayos para la granulometría (Ver Anexo C), obteniéndose los siguientes resultados.

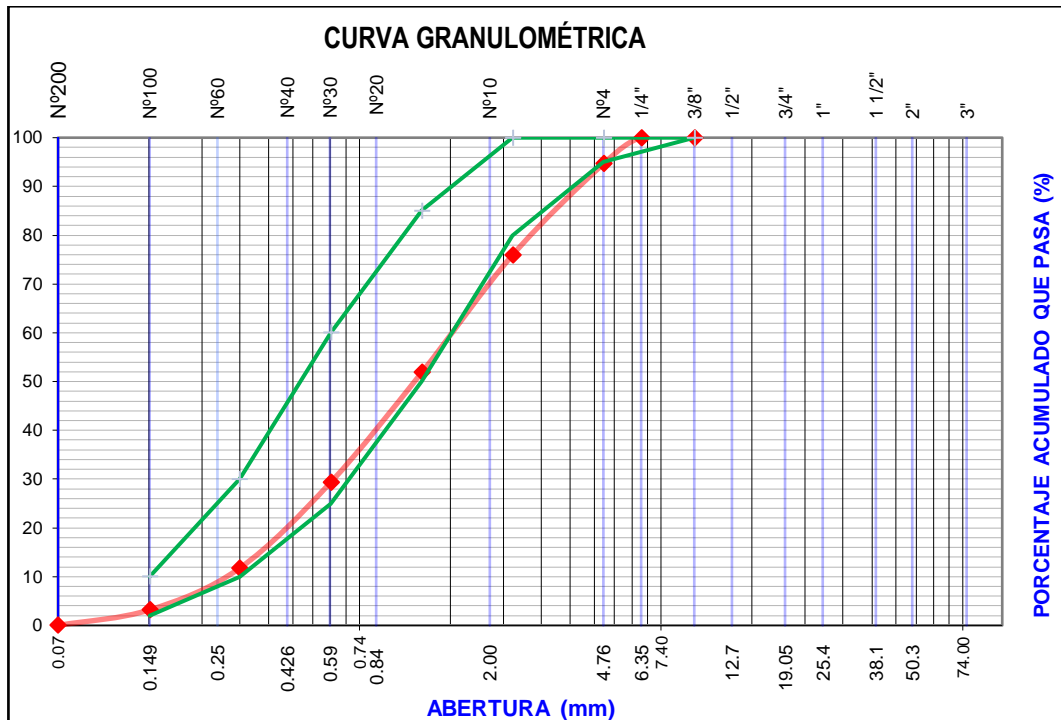
**Tabla 1.** Cuadro Granulométrico del Agregado Fino.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
TIPO:	ARENA GRUESA			MUESTRA:	1003.50 g.
TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (g)	(%) RETENIDO	(%) RETENIDO ACUMULADO	(%) QUE PASA ACUMULADO
Nº4	4.76	53.80	5.36	5.36	94.64
Nº8	2.38	187.50	18.68	24.05	75.95
Nº16	1.19	241.40	24.06	48.10	51.90
Nº30	0.60	225.80	22.50	70.60	29.40
Nº50	0.30	177.40	17.68	88.28	11.72
Nº100	0.15	85.60	8.53	96.81	3.19
FONDO	0.07	32.00	3.19	100.00	0.00
SUMA	0.00	1003.50	100.00	0.00	0.00

Módulo de Finura. 3.33

En la tabla 1 se muestra los pesos retenidos en gramos en cada tamiz diferente, al igual que el porcentaje de retenido acumulado y porcentaje acumulado que pasa; el cual nos servirá para graficar la curva granulométrica del agregado, y el módulo de finura 3.3, obtenidos mediante la ecuación 1 para los agregados.

**Figura 1.** Curva Granulométrica del Agregado Fino.



La distribución de las partículas del porcentaje acumulado que pasa por las aberturas de los tamices mostrados en la Figura 1, grafica su distribución con respecto a los requisitos granulométricos del agregado fino establecidos en la norma NTP 400.037. (Ver Anexo D), la cual se observa, que su distribución se encuentra entre los límites establecidos; en su mayoría.

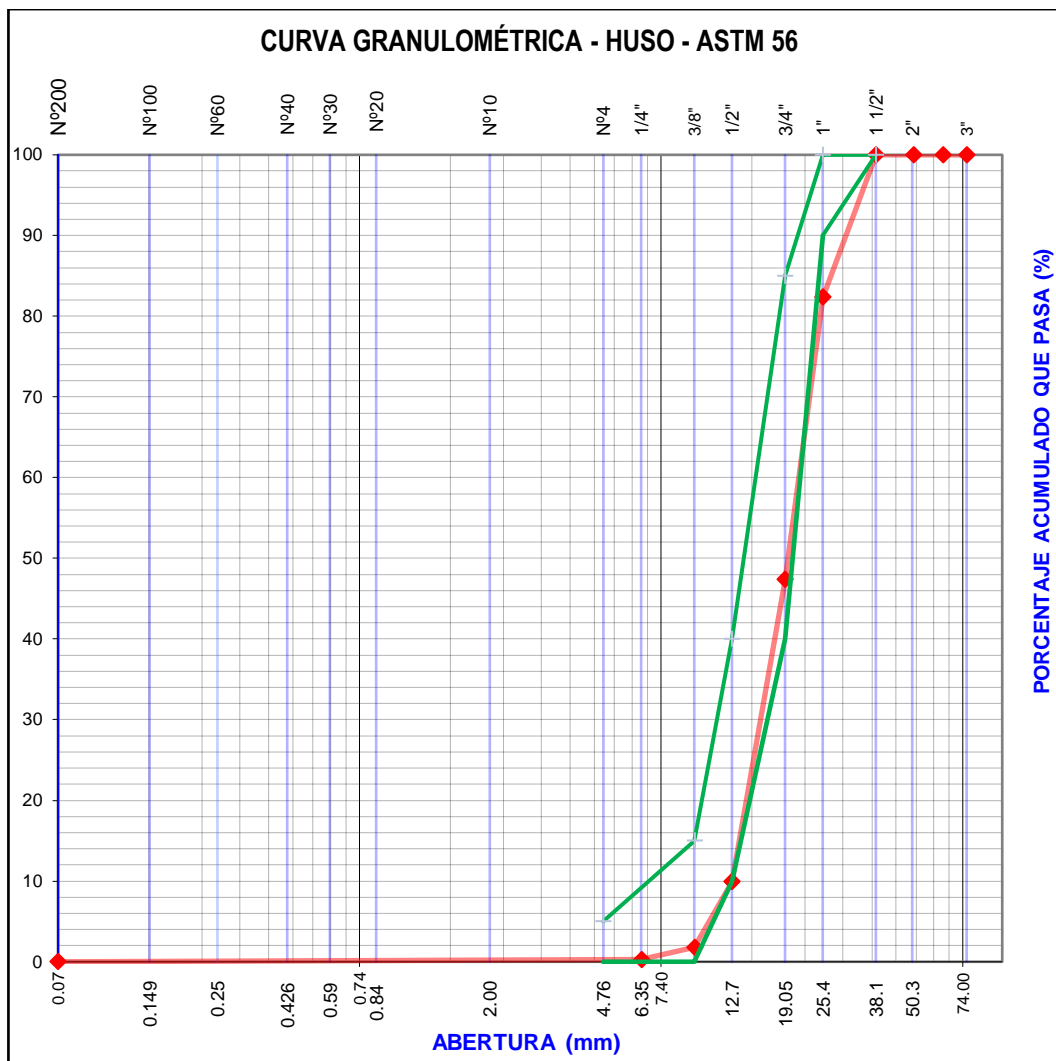
**Tabla 2.** Cuadro Granulométrico del Agregado Grueso.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO					
TIPO:	PIEDRA CHANCADA			MUESTRA:	10 797.50 g.
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	(%) RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
1 1/2"	38.10	<b>0.00</b>	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	<b>1,904.20</b>	17.64	17.64	82.36
3/4"	19.05	<b>3,780.20</b>	35.01	52.65	47.35
1/2"	12.70	<b>4,044.40</b>	37.46	90.10	9.90
3/8"	9.53	<b>877.30</b>	8.13	98.23	1.77
1/4"	6.35	<b>161.50</b>	1.50	99.72	0.28
FONDO	0.07	<b>29.90</b>	0.28	100.00	0.00
SUMA		10,797.50	100.00		

Tamaño Máximo (TM)	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal (TMN).	1"
Módulo de Finura.	7.51

De la tabla 2 el agregado grueso retenido en el tamiz de 3/4" y 1/2" representan más del 60% de la cantidad total de los materiales, que sumado a la cantidad de 1" representan el 90% que lo conforman.

Figura 2. Curva Granulométrica del Huso ASTM 56



La distribución de los materiales de la piedra chancada encaja adecuadamente en curva granulométrica de huso ASTM 56 (Ver Anexo F), donde la muestra de mayor cantidad de materiales se encuentra entre el tamiz de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ ".

### 3.2 PESO UNITARIO SUELTO.

Tomando como referencia lo indicado en la norma se procedió a tomar una muestra de los agregados; luego se mezcla para poder tener una homogeneidad de los materiales, seguidamente separamos en cuatro partes similares teniendo así una muestra representativa.

Se procede a llenar los baldes de  $\frac{1}{10}$  pie<sup>3</sup> y  $\frac{1}{3}$  pie<sup>3</sup> para el agregado fino y grueso respectivamente, enrasando en su superficie y procediendo a pesarlo en la balanza (ver Anexo G).

Con este procedimiento se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3.** *Peso Unitario Suelto de los Agregados.*

<b>PESO UNITARIO SUELTO DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>
$P_{Balde} (1/10p^3) / (1/3p^3)$	gr	1570	4340
$P_{Muestra Suelta} + P_{Balde} (1/10p^3) / (1/3p^3)$	gr	5600	17360
$P_{Muestra}$	gr	4030	13020
$V_{Balde} (1/10p^3) / (1/3p^3)$	cm <sup>3</sup>	2831.69	9438.95
Peso Unitario Suelto	gr/cm <sup>3</sup>	1.423	1.379
P.U.S. =	gr/cm <sup>3</sup>	1.423	1.379
P.U.S. =	kg/m <sup>3</sup>	1423	1379

### 3.3 PESO UNITARIO COMPACTADO.

Se procede a llenar el recipiente de balde 1/10 pie<sup>3</sup> y 1/3 pie<sup>3</sup> para el agregado fino y grueso respectivamente, en tres capas, chuseado con una varilla lisa de 5/8", en 25 golpes, de manera circular y dando golpes al recipiente con un mazo de goma, por cada capa (Ver Anexo H).

Los resultados obtenidos del ensayo se muestran a continuación.

**Tabla 4.** *Peso Unitario Compactado de los Agregados.*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>
$P_{Balde} (1/10p^3) / (1/3p^3)$	gr	1570	4340
$P_{Muestra Suelta} + P_{Balde} (1/10p^3) / (1/3p^3)$	gr	6230	18460
$P_{Muestra}$	gr	4660	14120
$V_{Balde} (1/10p^3) / (1/3p^3)$	cm <sup>3</sup>	2831.69	9438.95
Peso Unitario Suelto	gr/cm <sup>3</sup>	1.646	1.496
P.U.C. =	gr/cm <sup>3</sup>	1.646	1.496
P.U.C. =	kg/m <sup>3</sup>	1646	1496

### 3.4 CONTENIDO DE HUMEDAD.

Siguiendo las recomendaciones de la norma se pesaron muestras representativas de arena y piedra de 1000 g y 5000 g respectivamente del almacén de los materiales, para posteriormente ser secados por calentamiento en el horno durante 24 horas (Ver Anexo I).

Del ensayo realizado se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 5.** *Contenido de Humedad de los Agregados.*

DESCRIPCIÓN	Und	Ag. Fino	Ag. Grueso
Peso natural	gr	1000	5000
Peso secado al horno	gr	968.9	4980.1
C.H =	%	3.21	0.40

### 3.5 ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.

Siguiendo las recomendaciones de la norma se tomaron muestras de agregado fino y grueso, sumergidos en agua durante 24 horas, consiguiendo así que los materiales estén saturados, seguidamente se procedió a colocarlos a la intemperie de manera que pueda llegar al estado de saturado superficialmente seca (s.s.s.). Separando pesos de 500g y 4000g de agregado fino y grueso respectivamente, para colocarlos al horno durante 24 horas (Ver Anexo J).

De los ensayos realizados se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 6.** *Porcentaje de Absorción de los Agregados.*

% DE ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	Und	Ag. Fino	Ag. Grueso
Peso de la muestra s.s.s.	gr	500.0	4000.0
Peso secado al horno	gr	489.1	3978.8
% <i>Absorción</i>	%	2.23	0.53

Se observa que la arena gruesa. (Ag. Fino) presenta un mayor porcentaje de absorción con respecto a la piedra chancada (Ag. Grueso). Este porcentaje



influiría en la cantidad de agua en el diseño de mezcla, que se tendría que utilizar para las diferentes relaciones de a/c.

### 3.6 PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS.

#### 1. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO.

Siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 400.021 se procedió a pesar 4000 g. de agregado grueso, sumergido en agua durante 24 horas, luego se procedió a secarse con un paño seco y obtener la condición de superficialmente seco (s.s.s.), seguidamente se pesó la muestra sumergida en agua (ver Anexo K). Del ensayo realizado se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 7.** *Peso Específico del Agregado Grueso.*

<b>PESO ESPECÍFICO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und.</b>	<b>Ag. Grueso</b>
Peso en estado s.s.s.	gr	4000.00
Peso muestra s.s.s. en el agua	gr	2497.00
Peso secado al horno	gr	3978.80
Volumen de la muestra	cm <sup>3</sup>	1503.00
Peso específico masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.65
Peso específico masa (s.s.s)	gr/cm <sup>3</sup>	2.66
P.E. =	2.6472	gr/cm <sup>3</sup>
P.E. =	2647.2	kg/m <sup>3</sup>

#### 2. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO.

Siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 400.021 se tomó muestra de 500 g de agregado fino sumergido en agua durante 24 horas y secado superficialmente a la intemperie, para luego colocarse en la fiola de peso y volumen calibrado, con agua, para luego ser pesado y retirar el material húmedo y secarlo por calentamiento en el horno (Ver Anexo L).

Del ensayo realizado se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 8.** *Peso Específico del Agregado Fino.*

<b>PESO ESPECÍFICO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und.</b>	<b>Ag. Fino</b>
Peso en estado s.s.s.	gr	500.00
Peso de s.s.s. + agua + fiola	gr	1014.80
Peso fiola	gr	204.90
Volumen de fiola	cm <sup>3</sup>	500.00
Peso del agua en la fiola	gr	309.90
Peso secado al horno	gr	489.10
Peso específico masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.57
Peso específico masa (s.s.s.)	gr/cm <sup>3</sup>	2.63
P.E. =	2.5729	gr/cm <sup>3</sup>
P.E. =	2572.9	kg/m <sup>3</sup>

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLA

Para el diseño de mezcla se utilizó el “Método de Máxima Compacidad”, para luego obtener, las dosificaciones para los diseños patrón para cada relación de a/c; la cantidad de material a utilizar variando el porcentaje de agregado fino y grueso, y la cantidad de cemento, agua y aditivo presentes en el concreto.

Para el diseño de mezcla se realizaron diferentes combinaciones de agregado fino y grueso con el fin de tener una curva que describa como cambia el peso unitario compactado.

Para ello se realizaron combinaciones de 45%,50%,55% de arena gruesa con 55%,50%,45% de piedra chancada respectivamente.

Esta mezcla porcentual permite encontrar un punto donde se obtiene la máxima compactación. (ver Anexo M).

Con dichas combinaciones se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 9.** *Combinación de Pesos en los Agregados.*

<b>COMBINACIÓN DEL AGREGADO GLOBAL PARA HALLAR P.U.C.</b>				
% de A.f..	Peso Seco del A.f. (kg)	% de A.g.	Peso seco del A.g. (kg)	Muestras
45	22.2	55	27.2	Muestra N 1
50	25.0	50	25.0	Muestra N 2
55	28.0	45	23.0	Muestra N 3

**Tabla 10.** *Peso Unitario Compactado de los Agregados Combinados.*

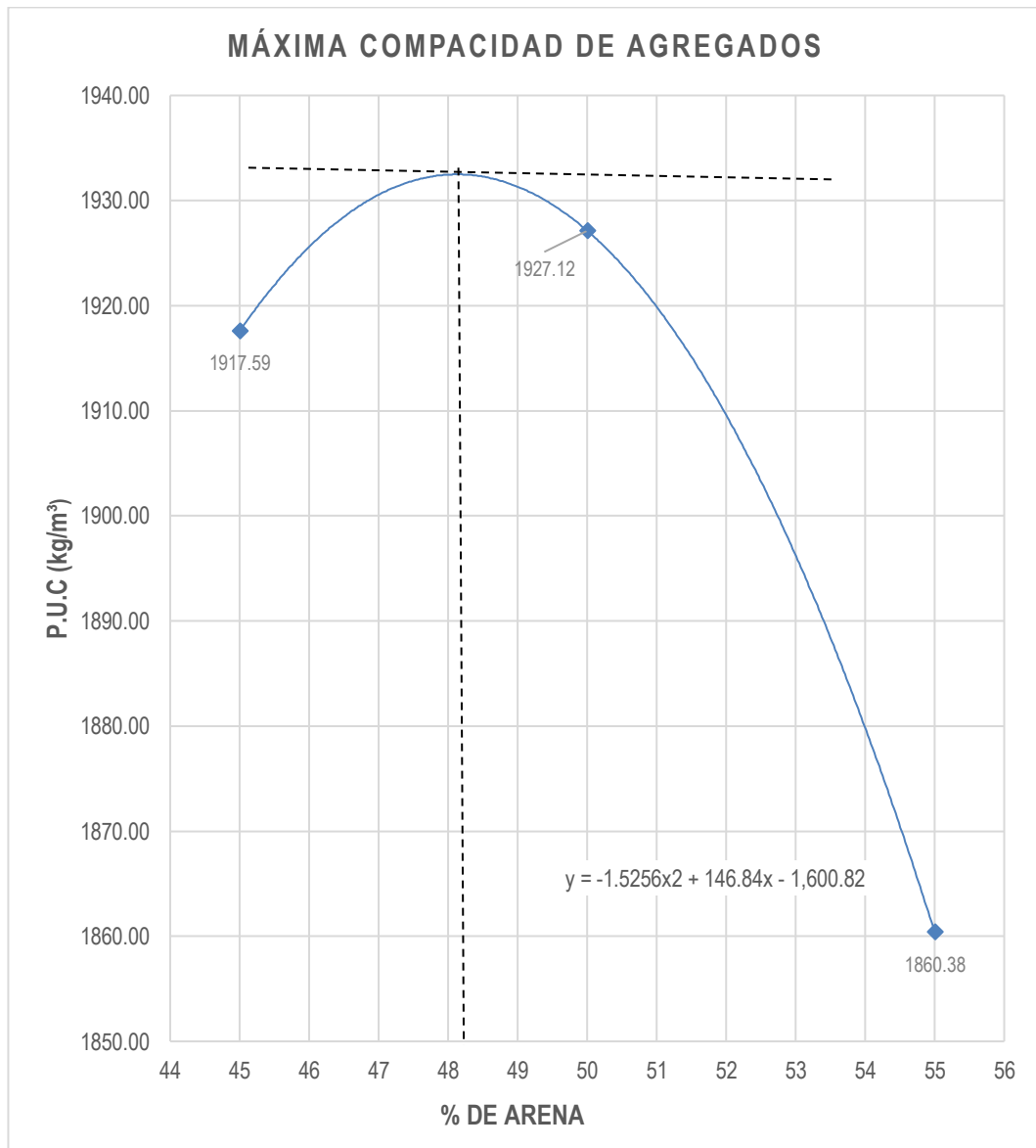
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
Descripción	Unidad	Muestra Nº 1	Muestra Nº 2	Muestra Nº 3
Peso de muestra + recipiente (A)	kg	22.45	22.54	21.91
Peso de recipiente (B)	kg	4.35	4.35	4.35
Peso de muestra (A-B)	kg	18.1	18.19	17.56
Volumen de recipiente (C)	m <sup>3</sup>	0.0094	0.0094	0.0094
Peso unitario compactado (A-B) /C	kg/m <sup>3</sup>	1917.59	1927.12	1860.38
Porcentaje de arena	%	45%	50%	55%

**Tabla 11.** Resumen de Combinación de Materiales.

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		P.U.C. (Kg/m <sup>3</sup> )
ARENA (%)	PIEDRA (%)	
45	55	1917.59
50	50	1927.12
55	45	1860.38

De la tabla 11 se observa que a medida que se aumenta el porcentaje de arena de 45 a 50% el PUC aumenta, pero sufre una baja al momento en el que llega al 55% de Arena.

**Figura 3.** Curva PUC vs % Arena.



De la figura 3 del % de Arena vs PUC, se observa que el punto donde se obtiene el máximo valor de compactación corresponde a un intervalo del 48% al 49% de Arena.

De la ecuación  $f(x) = -1.5256X^2 + 146.84X - 1600.82$ ; derivando, se obtiene que

$$f'(X) = -3.0512X + 146.84$$

Igualando a cero para obtener el punto de máximo valor para el porcentaje de arena.

$$-3.0512X + 146.84 = 0$$

$$X = 48.13$$

Por lo tanto, se obtiene que la combinación del porcentaje de arena y piedra, que da la máxima compactación es para la siguiente combinación.

MATERIAL	(%)
% Arena	<b>48.13</b>
% Piedra	<b>51.88</b>

Esta combinación será la base para realizar los diferentes Diseños de Mezcla Patrón para las relaciones de a/c 0.25, 0.30 y 0.35

#### 4.1 DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LOS DISEÑOS.

Se desarrolló tres diseños con diferente relación agua/cemento (0.25; 0.30; 0.35), el cual servirá como diseño patrón, para realizar los cambios en la cantidad de agregado fino y grueso.

##### 4.1.1 DISEÑO DE MEZCLA PATRON PARA UNA RELACIÓN A/C: 0.25, 0.30 y 0.35.

Los diseños mostrados para la presente investigación fueron considerando constante el porcentaje de 48.13% de arena gruesa y 51.88% de piedra chancada obtenidos de la máxima compactación de agregados.

**Tabla 12.** Dosificación de Materiales - Diseño Patrón a/c:0.25.

<b>DISEÑO PATRON (A/C:0.25)</b>	
<b>ELEMENTOS</b>	<b>CANT.</b>
Cemento (Kg):	16.70
Agua (L):	3.97
Arena (Kg):	25.57
Piedra (Kg):	27.61
Aditivo (g):	448.40

**Tabla 13.** Dosificación de los Materiales Diseño Patrón a/c:0.30.

<b>DISEÑO PATRON (A/C:0.30)</b>	
<b>ELEMENTOS</b>	<b>CANT.</b>
Cemento (Kg):	11.88
Agua (L):	3.68
Arena (Kg):	21.54
Piedra (Kg):	23.57
Aditivo (g):	220.60

**Tabla 14.** Dosificación de los Materiales Diseño Patrón a/c:0.35.

<b>DISEÑO PATRON (A/C:0.35)</b>	
<b>ELEMENTOS</b>	<b>CANT.</b>
Cemento (Kg):	10.00
Agua (L):	3.61
Arena (Kg):	21.08
Piedra (Kg):	22.76
Aditivo (g):	201.00

#### **4.1.2 DOSIFICACIÓN VARIANDO EL PORCENTAJE DE AGREGADOS FINO Y GRUESO.**

Se procede a reducir y aumentar la cantidad de agregado fino y grueso en 5% y 10%, para cada relación de a/c teniendo como resultados los siguiente.

**Tabla 15.** Dosificación de Materiales Reduciendo la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.25.

ELEMENTOS	MENOS 10% DE ARENA	MENOS 5% DE ARENA
	CANT.	CANT.
Cemento (Kg):	16,70	16,70
Agua (L):	4,02	3,99
Arena (Kg):	20,25	22,91
Piedra (Kg):	32,93	30,27
Aditivo (g):	445,30	445,40

**Tabla 16.** Dosificación de Materiales Aumentando la Arena en 5 % y 10% - Relacion a/c:0.25.

ELEMENTOS	MAS 5% DE ARENA	MAS 10% DE ARENA
	CANT.	CANT.
Cemento (Kg):	16,70	16,70
Agua (L):	3,93	3,91
Arena (Kg):	28,22	30,88
Piedra (Kg):	24,95	22,29
Aditivo (g):	599,30	623,40

**Tabla 17.** Dosificación de Materiales Reduciendo la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.30.

ELEMENTOS	MENOS 10% DE ARENA	MENOS 5% DE ARENA
	CANT.	CANT.
Cemento (Kg):	11,88	11,88
Agua (L):	3,66	3,67
Arena (Kg):	17,06	19,3
Piedra (Kg):	28,11	25,84
Aditivo (g):	220,6	220,6

**Tabla 18.** Dosificación de Materiales Aumentando la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.30.

ELEMENTOS	MAS 5% DE ARENA	MAS 10% DE ARENA
	CANT.	CANT.
Cemento (Kg):	11,88	11,88
Agua (L):	3,68	3,69
Arena (Kg):	23,78	26,02
Piedra (Kg):	21,03	19,03
Aditivo (g):	231,6	410,1

**Tabla 19.** Dosificación de Materiales Reduciendo la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.35.

ELEMENTOS	MENOS 10% DE ARENA	MENOS 5% DE ARENA
	CANT.	CANT.
Cemento (Kg):	10,00	10,00
Agua (L):	3,61	3,61
Arena (Kg):	17,70	20,02
Piedra (Kg):	29,16	26,80
Aditivo (g):	201,00	201,00

**Tabla 20.** Dosificación de Materiales Aumentando la Arena en 5% y 10% - Relación a/c:0.35.

ELEMENTOS	MAS 5% DE ARENA	MAS 10% DE ARENA
	CANT.	CANT.
Cemento (Kg):	10,00	10,00
Agua (L):	3,61	3,61
Arena (Kg):	24,66	26,98
Piedra (Kg):	22,09	19,74
Aditivo (g):	208,00	244,00



## CAPÍTULO V: ENSAYOS

Para el presente capítulo se muestra los valores obtenidos en laboratorio, para los objetivos específicos mencionados en esta investigación.

Para el estado fresco, se ordena y procesa, en cuadros descriptivos y gráficas; el comportamiento en el tiempo para los ensayos de asentamiento (Slump), peso unitario en estado fresco y tiempo de fraguado.

Para el estado endurecido, se ordena y clasifica las muestras ensayadas a los 7 días, 14 días y 28 días, en cuadros detallados y en gráficas que describen los valores de que se obtienen de cada una de ellas.

### 5.1 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

Los efectos producidos en el concreto, en estado fresco, en base a los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, para el asentamiento, peso unitario y tiempo de fraguado, se describen en un cuadro detallado para cada una de las relaciones y se muestra en las gráficas como varía al momento de cambiar el porcentaje de agregado en cada uno de las relaciones.

#### 5.1.1 ASENTAMIENTO (SLUMP).

Este ensayo normado en la NTP 339.035, cuyo procedimiento recomendado indica, tomar muestras representativas del concreto en estado fresco para llenar el cono de Abrams en tres capas, con una varilla lisa de 5/8", realizando 25 chuseadas por capa, enrasando al terminar de llenar y haciendo él retiró del cono lentamente para poder tomar la medida del asentamiento (Ver Anexo N).

**Tabla 21.** Ensayo Concreto a/c:0.25 - Δ% A.f. vs Slump.

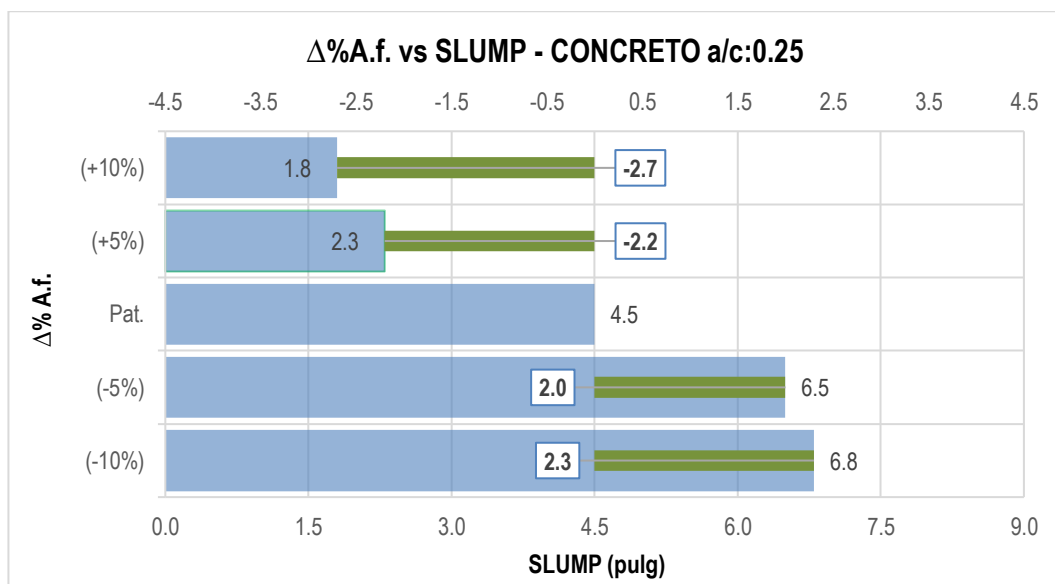
RELACIÓN		A/C: 0.25	
ITEM	Δ% A.f.	DOSIFICACIÓN	SLUMP (Pulg.)
1	(-10%)	38.13%Af + 61.88%Ag	6.8
2	(-5%)	43.13%Af + 56.88%Ag	6.5
3	Pat.	48.13%Af + 51.88%Ag	4.5
4	(+5%)	53.13%Af + 46.88%Ag	2.3
5	(+10%)	58.13%Af + 41.88%Ag	1.8

De la tabla 21 Se tiene, para una relación de a/c:0.25 con dosificación de materiales de 48.13% A.f. + 51.88% A.g. que corresponden al diseño patrón, un Slump de 4.5 pulg.

Para una variación del -5% del A.f. con dosificación de 43.13% A.f.+ 56.88% A.g. el Slump es de 6.5 pulg. asimismo, del -10% del A.f. con dosificación de 38.13% A.f. + 61.88% A.g. el Slump es de 6.8 pulg.

Para una variación del +5% del A.f. con dosificación de 53.13% A.f. + 46.88% A.g. el Slump es de 2.3 pulg. asimismo, del +10% del A.f. con dosificación del 58.13% A.f. + 41.88% A.g. el Slump es 1.8 pulg.

Figura 4.  $\Delta\%$  A.f. vs Slump - Concreto a/c:0.25.



La figura 4 se muestra para una relación de a/c:0.25, con respecto al diseño patrón, para  $\Delta\%$ A.f. en -5% el Slump varía en 2.0 pulg., para  $\Delta\%$ A.f. en -10% el Slump varía en 2.3 pulg. asimismo, para  $\Delta\%$ A.f. en +5% el Slump varía en 2.2 pulg. y para  $\Delta\%$ A.f. en +10% el Slump varía en 2.7 pulg.

Tabla 22. Ensayo Concreto a/c:0.30 -  $\Delta\%$  A.f. vs Slump.

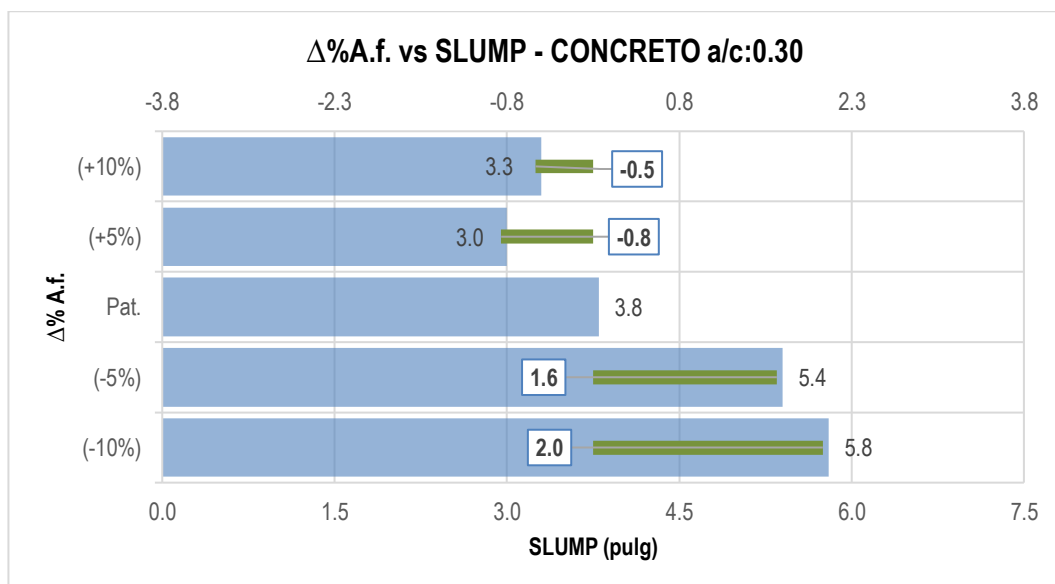
RELACIÓN		A/C: 0.30	
ITEM	$\Delta\%$ A.f.	DOSIFICACIÓN	SLUMP (Pulg.)
1	(-10%)	38.13%Af + 61.88%Ag	5.8
2	(-5%)	43.13%Af + 56.88%Ag	5.4
3	Pat.	48.13%Af + 51.88%Ag	3.8
4	(+5%)	53.13%Af + 46.88%Ag	3.0
5	(+10%)	58.13%Af + 41.88%Ag	3.3

De la tabla 22 Se tiene, para una relación de a/c:0.30 con dosificación de materiales de 48.13% A.f. + 51.88% A.g. que corresponden al diseño patrón, un Slump de 3.8 pulg.

Para una variación del -5% del A.f. con dosificación de 43.13% A.f.+ 56.88% A.g. el Slump es de 5.4 pulg. asimismo, del -10% del A.f. con dosificación de 38.13% A.f. + 61.88% A.g. el Slump es de 5.8 pulg.

Para una variación del +5% del A.f. con dosificación de 53.13% A.f. + 46.88% A.g. el Slump es de 3.0 pulg. asimismo, del +10% del A.f. con dosificación del 58.13% A.f. + 41.88% A.g. el Slump es 3.3 pulg.

Figura 5.  $\Delta\%$  A.f. vs Slump - Concreto a/c:0.30.



La figura 5 se muestra para una relación de a/c:0.30, con respecto al diseño patrón, para  $\Delta\%$ A.f. en -5% el Slump varía en 1.6 pulg., para  $\Delta\%$ A.f. en -10% el Slump varía en 2.0 pulg. asimismo, para  $\Delta\%$ A.f. en +5% el Slump varía en 0.8 pulg. y para  $\Delta\%$ A.f. en +10% el Slump varía en 0.5 pulg.

Tabla 23. Ensayo Concreto a/c:0.35 -  $\Delta\%$  A.f. vs Slump.

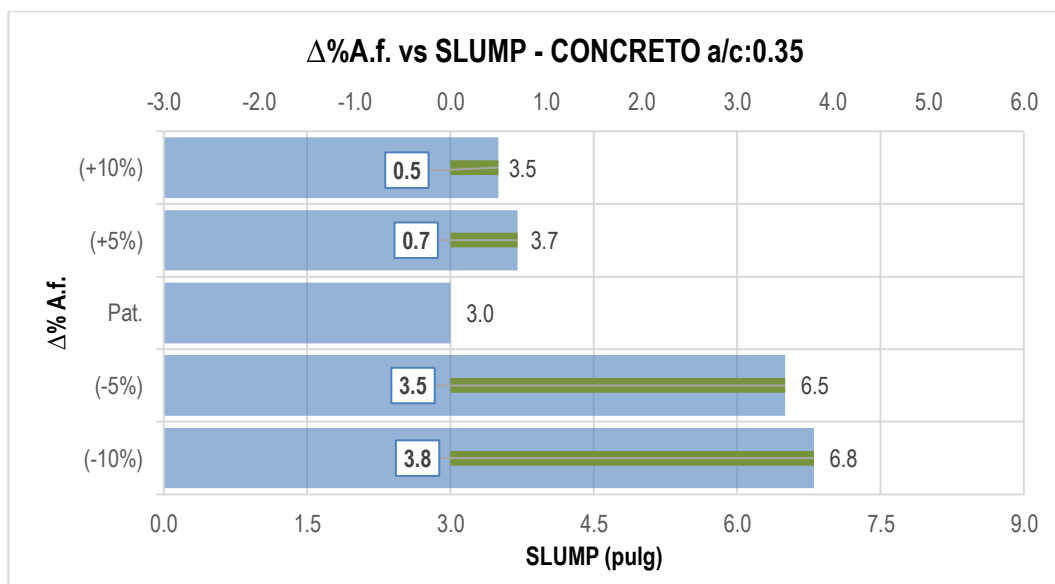
RELACIÓN		A/C: 0.35	
ITEM	$\Delta\%$ A.f.	DOSIFICACIÓN	SLUMP (Pulg.)
1	(-10%)	38.13%Af + 61.88%Ag	6.8
2	(-5%)	43.13%Af + 56.88%Ag	6.5
3	Pat.	48.13%Af + 51.88%Ag	3.0
4	(+5%)	53.13%Af + 46.88%Ag	3.7
5	(+10%)	58.13%Af + 41.88%Ag	3.5

De la tabla 23 Se tiene, para una relación de a/c:0.35 con dosificación de materiales de 48.13% A.f. + 51.88% A.g. que corresponden al diseño patrón, un Slump de 3.0 pulg.

Para una variación del -5% del A.f. con dosificación de 43.13% A.f.+ 56.88% A.g. el Slump es de 6.5 pulg. asimismo, del -10% del A.f. con dosificación de 38.13% A.f. + 61.88% A.g. el Slump es de 6.8 pulg.

Para una variación del +5% del A.f. con dosificación de 53.13% A.f. + 46.88% A.g. el Slump es de 3.7 pulg. asimismo, del +10% del A.f. con dosificación del 58.13% A.f. + 41.88% A.g. el Slump es 3.5 pulg.

**Figura 6.**  $\Delta\%$  A.f. vs Slump - Concreto a/c:0.35.



La figura 6 se muestra para una relación de a/c:0.35, con respecto al diseño patrón, para  $\Delta\%$ A.f. en -5% el Slump varía en 3.5 pulg., para  $\Delta\%$ A.f. en -10% el Slump varía en 3.8 pulg. asimismo, para  $\Delta\%$ A.f. en +5% el Slump varía en 0.7 pulg. y para  $\Delta\%$ A.f. en +10% el Slump varía en 0.5 pulg.

De las tablas anteriores en general, al disminuir el porcentaje de agregado fino en 5% y 10%, el Slump tiende a aumentar. Por otro lado, al añadir agregado fino, no presenta una tendencia definida en su comportamiento; tendiendo a la baja para relaciones de a/c:0.25 y 0.30, pero manteniéndose próximo a su diseño patrón, para un a/c:0.35.

### 5.1.2 PESO UNITARIO EN ESTADO FRESCO.

Este ensayo normado en la NTP 339.046 cuyo procedimiento recomendado, indica llenar el balde de 1/10 pie<sup>3</sup> por el tamaño máximo nominal del agregado grueso el concreto, en tres capas; realizando con una varilla lisa de 5/8", 25 chuseadas cada capa, para finalmente realizar golpes con una comba de goma y enrasando del molde; para luego ser pesada (Ver Anexo O).

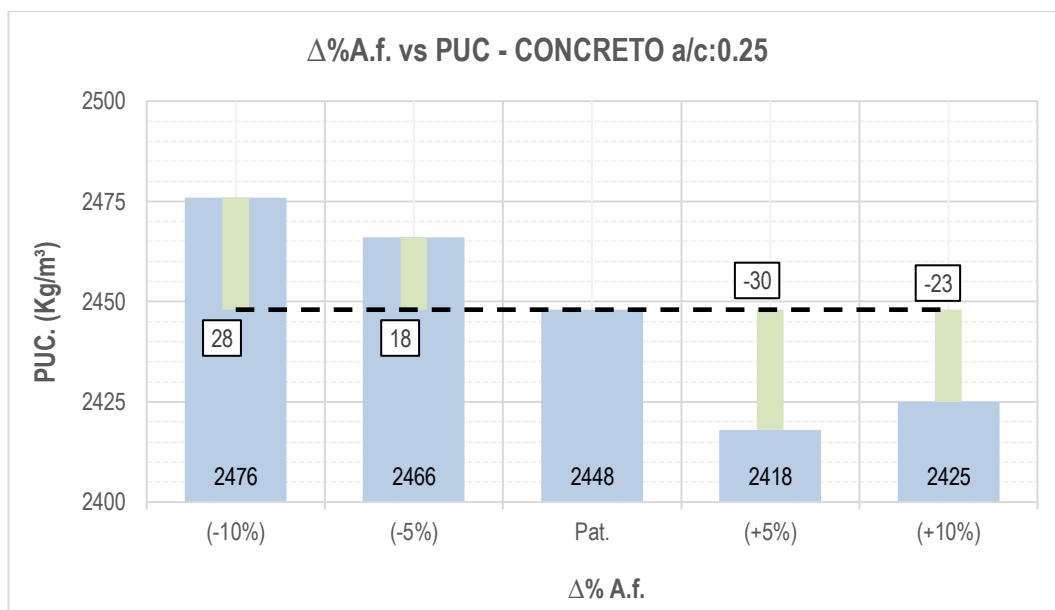
De los ensayos realizados se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 24.** Ensayo Concreto a/c:0.25 - Δ% A.f. vs P.U.C.

RELACIÓN		A/C:0.25	
ITEM	Δ% A.f.	DOSIFICACIÓN	P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )
1	(-10%)	38.13%Af + 61.88%Ag	2476
2	(-5%)	43.13%Af + 56.88%Ag	2466
3	Pat.	48.13%Af + 51.88%Ag	2448
4	(+5%)	53.13%Af + 46.88%Ag	2418
5	(+10%)	58.13%Af + 41.88%Ag	2425

De la tabla 24 se tiene para una relación de a/c:0.25 con dosificaciones en materiales del 48.13% A.f. + 51.88% A.g. que corresponden al diseño patrón, el PUC es 2448 kg/m<sup>3</sup>; para una variación del -5% en A.f. con dosificación de 43.13% A.f. + 56.88% A.g., el PUC es de 2466 kg/m<sup>3</sup>; para una variación del -10% en A.f. con dosificación de 38.13% A.f. + 61.88% A.g., el PUC es de 2476 kg/m<sup>3</sup>; para una variación de +5% del A.f. con dosificación de 53.13% A.f. + 46.88% A.g., el PUC es de 2418 kg/m<sup>3</sup> y finalmente, para una variación de +10% de A.f. con dosificación de 58.13%A.f. + 41.88%A.g., el PUC es de 2425 kg/m<sup>3</sup>.

Figura 7.  $\Delta\%$  A.f. vs P.U.C. - Relación a/c:0.25.



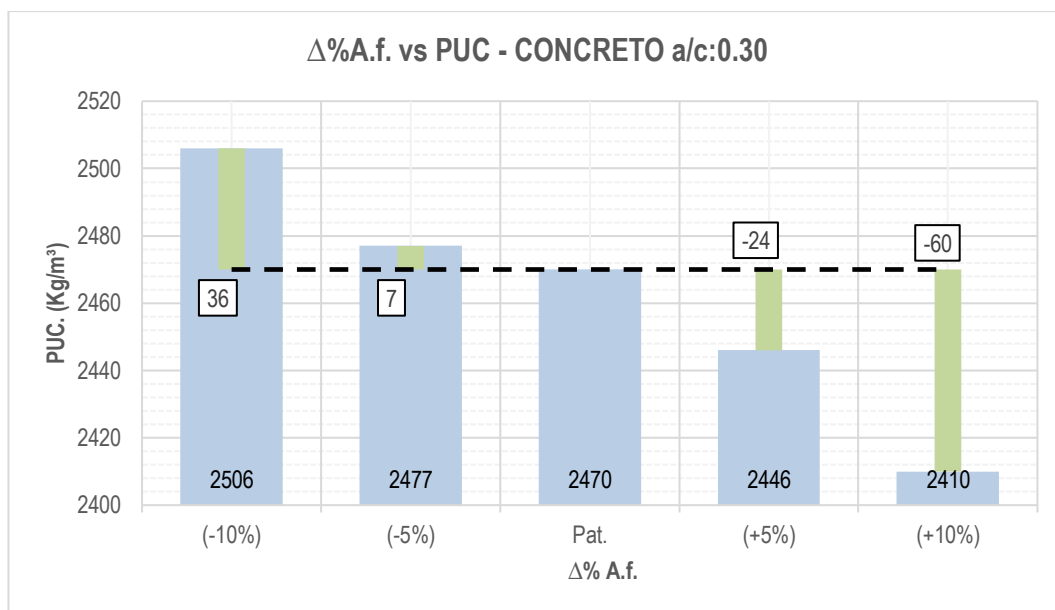
De la figura 7 se muestra, para una relación de a/c:0.25, con respecto al diseño patrón, para un  $\Delta\%$ A.f. en -5%, el PUC varía en 18 kg/m<sup>3</sup>; para un  $\Delta\%$ A.f. en -10%, el PUC varía en 28 kg/m<sup>3</sup>; para un  $\Delta\%$ A.f. en +5%, el PUC varía en 30 kg/m<sup>3</sup> y finalmente para un  $\Delta\%$ A.f. en +10%, el PUC varía en 23 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 25. Ensayo Concreto a/c:0.30 -  $\Delta\%$  A.f. vs P.U.C.

RELACIÓN		A/C: 0.30	
ITEM	$\Delta\%$ A.f.	DOSIFICACIÓN	P.U.C. (Kg/m <sup>3</sup> )
1	(-10%)	38.13%Af + 61.88%Ag	2506
2	(-5%)	43.13%Af + 56.88%Ag	2477
3	Pat.	48.13%Af + 51.88%Ag	2470
4	(+5%)	53.13%Af + 46.88%Ag	2446
5	(+10%)	58.13%Af + 41.88%Ag	2410

De la tabla 25 se tiene para una relación de a/c:0.30 con dosificaciones en materiales del 48.13% A.f. + 51.88% A.g. que corresponden al diseño patrón, el PUC es 2470 kg/m<sup>3</sup>; para una variación del -5% en A.f. con dosificación de 43.13% A.f. + 56.88% A.g., el PUC es de 2477 kg/m<sup>3</sup>; para una variación del -10% en A.f. con dosificación de 38.13% A.f. + 61.88% A.g., el PUC es de 2506 kg/m<sup>3</sup>; para una variación de +5% del A.f. con dosificación de 53.13% A.f. + 46.88% A.g., el PUC es de 2446 kg/m<sup>3</sup> y finalmente, para una variación de +10% de A.f. con dosificación de 58.13%A.f. + 41.88%A.g., el PUC es de 2410 kg/m<sup>3</sup>.

Figura 8.  $\Delta\%$  A.f. vs P.U.C. - Relación a/c:0.30.



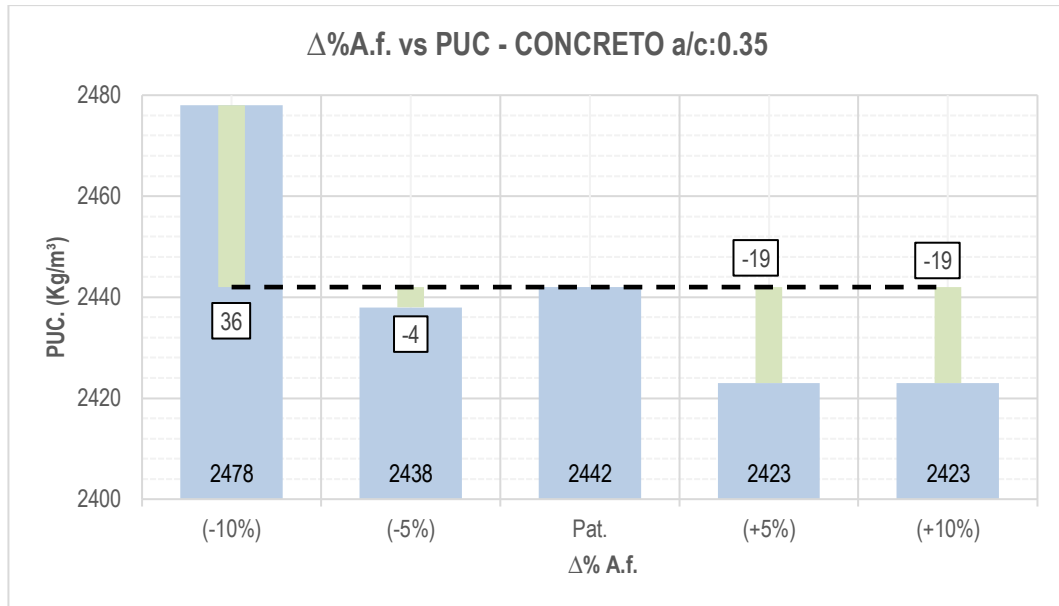
De la figura 8 se muestra, para una relación de a/c:0.30, con respecto al diseño patrón, para un  $\Delta\%$ A.f. en -5%, el PUC varía en 7 kg/m<sup>3</sup>; para un  $\Delta\%$ A.f. en -10%, el PUC varía en 36 kg/m<sup>3</sup>; para un  $\Delta\%$ A.f. en +5%, el PUC varía en 24 kg/m<sup>3</sup> y finalmente para un  $\Delta\%$ A.f. en +10%, el PUC varía en 60 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 26. Ensayo concreto a/c:0.35 -  $\Delta\%$  A.f. vs P.U.C.

RELACIÓN		A/C: 0.35	
ITEM	$\Delta\%$ A.f.	DOSIFICACIÓN	P.U.C. (Kg/m <sup>3</sup> )
1	(-10%)	38.13%Af + 61.88%Ag	2478
2	(-5%)	43.13%Af + 56.88%Ag	2438
3	Pat.	48.13%Af + 51.88%Ag	2442
4	(+5%)	53.13%Af + 46.88%Ag	2423
5	(+10%)	58.13%Af + 41.88%Ag	2423

De la tabla 26 se tiene para una relación de a/c:0.35 con dosificaciones en materiales del 48.13% A.f. + 51.88% A.g. que corresponden al diseño patrón, el PUC es 2442 kg/m<sup>3</sup>; para una variación del -5% en A.f. con dosificación de 43.13% A.f. + 56.88% A.g., el PUC es de 2438 kg/m<sup>3</sup>; para una variación del -10% en A.f. con dosificación de 38.13% A.f. + 61.88% A.g., el PUC es de 2478 kg/m<sup>3</sup>; para una variación de +5% del A.f. con dosificación de 53.13% A.f. + 46.88% A.g., el PUC es de 2423 kg/m<sup>3</sup> y finalmente, para una variación de +10% de A.f. con dosificación de 58.13%A.f. + 41.88%A.g., el PUC es de 2423 kg/m<sup>3</sup>.

**Figura 9.**  $\Delta\%$  A.f. vs P.U.C. - Relación a/c:0.35.



De la figura 9 se muestra, para una relación de a/c:0.35, con respecto al diseño patrón, para un  $\Delta\%$ A.f. en -5%, el PUC varía en 4 kg/m<sup>3</sup>; para un  $\Delta\%$ A.f. en -10%, el PUC varía en 36 kg/m<sup>3</sup>; para un  $\Delta\%$ A.f. en +5%, el PUC varía en 19 kg/m<sup>3</sup> y finalmente para un  $\Delta\%$ A.f. en +10%, el PUC varía en 19 kg/m<sup>3</sup>.

De los gráficos anteriores se observa una tendencia a la alza del PUC, al disminuir la cantidad de agregado fino en 5% y 10%; efecto contrario al aumentar la cantidad de agregado fino en 5% y 10%.

### 5.1.3 TIEMPO DE FRAGUADO.

Se realizó este ensayo siguiendo las recomendaciones de la NTP 339.082 la cual se describe a continuación.

Parte del concreto en estado fresco, de las diferentes relaciones de a/c y para cada una de sus variaciones; se coloca sobre una mesa vibradora para retirar la pasta, del agregado grueso. Esta pasta se coloca sobre un recipiente cilíndrico de 150mm de altura, para ser compactada por una varilla lisa de 5/8" con 25 chuseadas, todo esto con el fin de retirar las burbujas de aire dentro del mortero.

Los recipientes llenados con la pasta de concreto se proceden a ensayar con las agujas Vicat, realizando así el ensayo de penetración en el tiempo, (Ver Anexo P); teniéndose así los siguientes resultados.



### 5.1.3.1 CONCRETO a/c:0.25 -DISEÑO DE MEZCLA PATRON.

**Tabla 27.** Ensayo a/c:0.25 - Diseño Patrón – Resistencia a la Penetración

ENSAYO a/c:0.25 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	08:46		
2	1"	16:14	07:28:00	52
3	1/2"	17:14	01:00:00	30
4	1/4"	18:14	01:00:00	50
5	1/10"	19:14	01:00:00	86
6	1/20"	20:14	01:00:00	100
7	1/40"	21:20	01:06:00	110

De la tabla 27 se tiene los valores obtenidos, tras los ensayos realizados desde las 08:46 horas hasta las 21:20 horas, dando un tiempo acumulado de 12:34 horas.

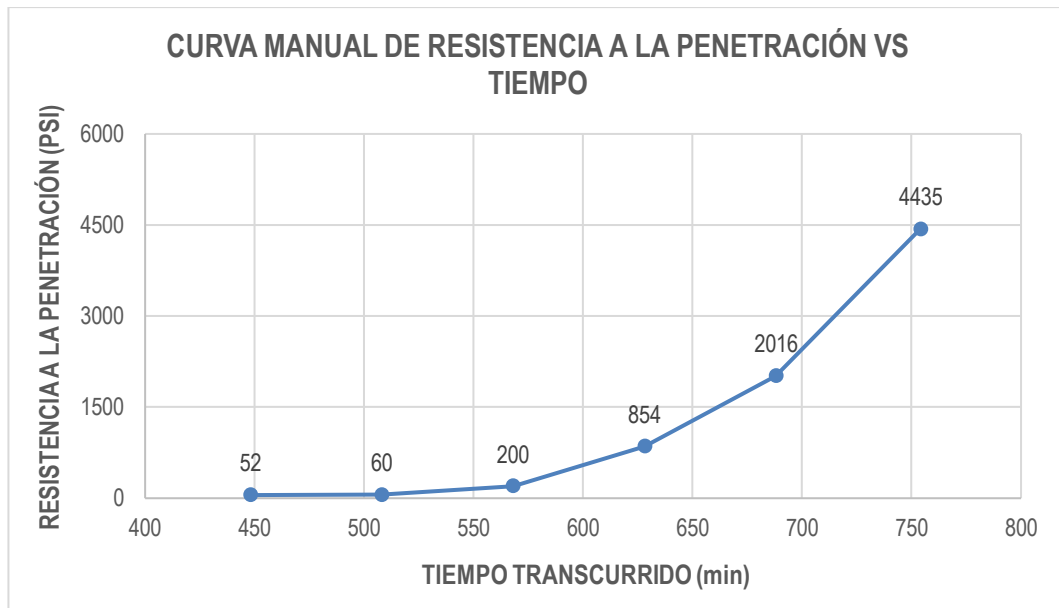
Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 52 lb a las 7:28 horas con la aguja de 1 pulg. y una lectura final de 110 lb a las 12:34 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 28.** Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - Diseño Patrón

CONCRETO a/c:0.25 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log (t)	Log (RP)
PSI (lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum.) min.		
52	448	2.651	1.716
60	508	2.706	1.778
200	568	2.754	2.301
854	628	2.798	2.931
2016	688	2.838	3.304
4435	754	2.877	3.647

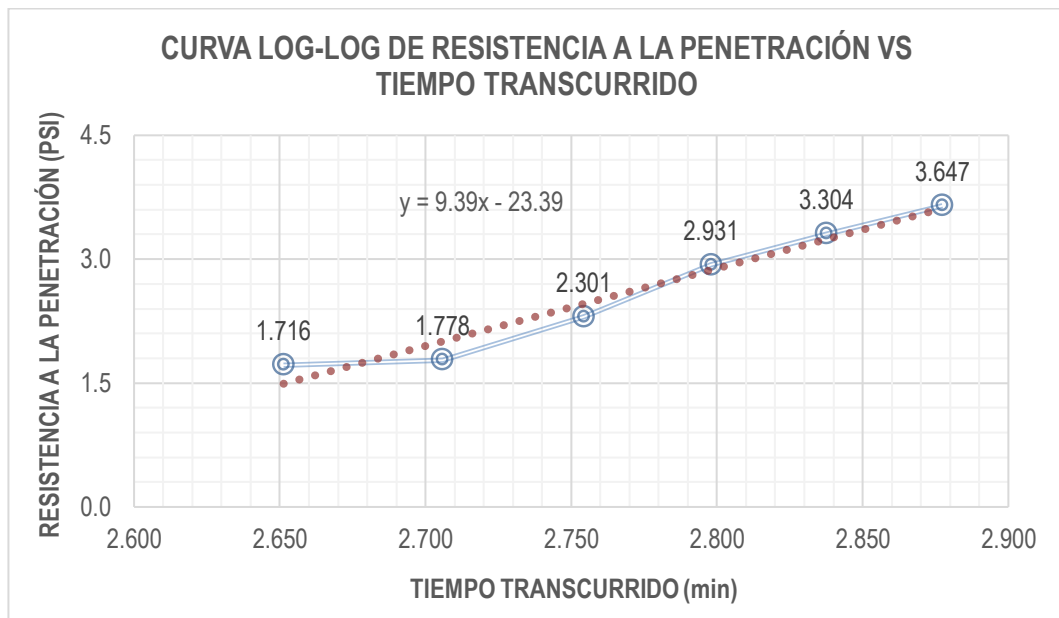
De la tabla 28 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 10.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – (Diseño Patrón)



De la figura 10 se tiene la curva manual que describe como aumenta la resistencia a la penetración en PSI con respecto del tiempo en minutos

**Figura 11.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – (Diseño Patrón).



La figura 11 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo, ambas en escala logarítmica; el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta línea es:

$$Y = 9.39X - 23.39 \approx \log(RP) = 9.39 \log(t) - 23.39$$

Donde

$RP$ : Resistencia a la penetración.

$t$ : Tiempo Transcurrido.

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “ $t$ ” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+23.39}{9.39}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	10:02:34	H: min
T. Fraguado Final	12:31:37	H: min

### 1. CONCRETO a/c:0.25 CON VARIACION DEL AGREGADO FINO EN (-5%).

**Tabla 29.** Ensayo a/c:0.25 - con  $\Delta\%$ A.f. en (-5%) – Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.25 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)	
1	1"	10:00			
2	1"	17:38	07:38:00	07:38:00	56
3	1/2"	18:38	01:00:00	08:38:00	22
4	1/4"	19:38	01:00:00	09:38:00	46
5	1/10"	20:38	01:00:00	10:38:00	70
6	1/20"	21:38	01:00:00	11:38:00	55
7	1/40"	23:20	01:42:00	13:20:00	136

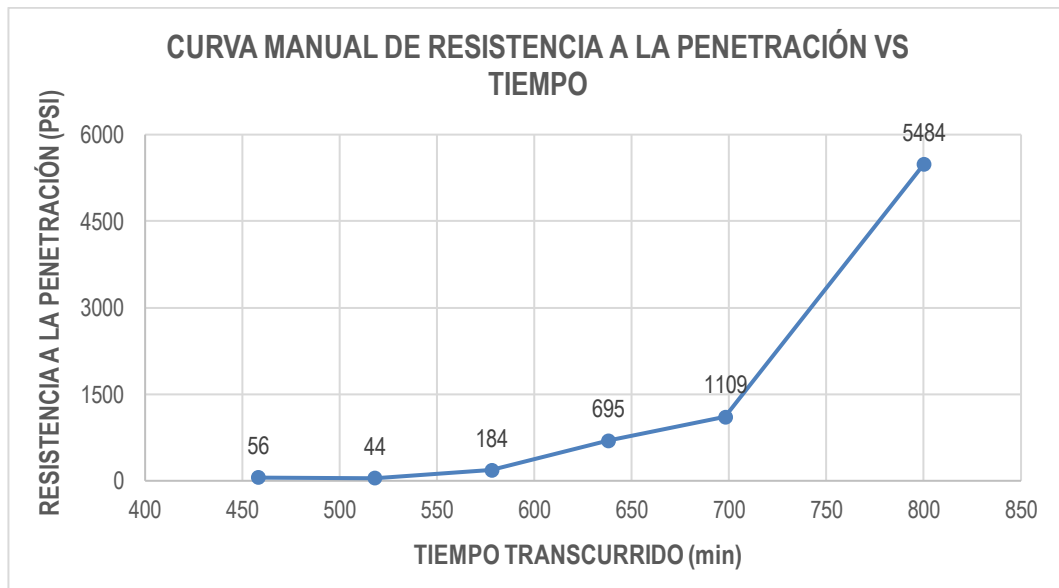
De la tabla 29 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 10:00 horas hasta las 23:20 horas, dando un tiempo acumulado de 13:20 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 56 lb a las 7:38 horas con la aguja de 1 pulg. y una lectura final de 136 lb a las 13:20 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 30.** Resistencia a la Penetración a/c:0.25 -Δ%A.f. en (-5%).

CONCRETO a/c:0.25 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)	
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.			
56	458	2.661	1.748	
44	518	2.714	1.643	
184	578	2.762	2.265	
695	638	2.805	2.842	
1109	698	2.844	3.045	
5484	800	2.903	3.739	

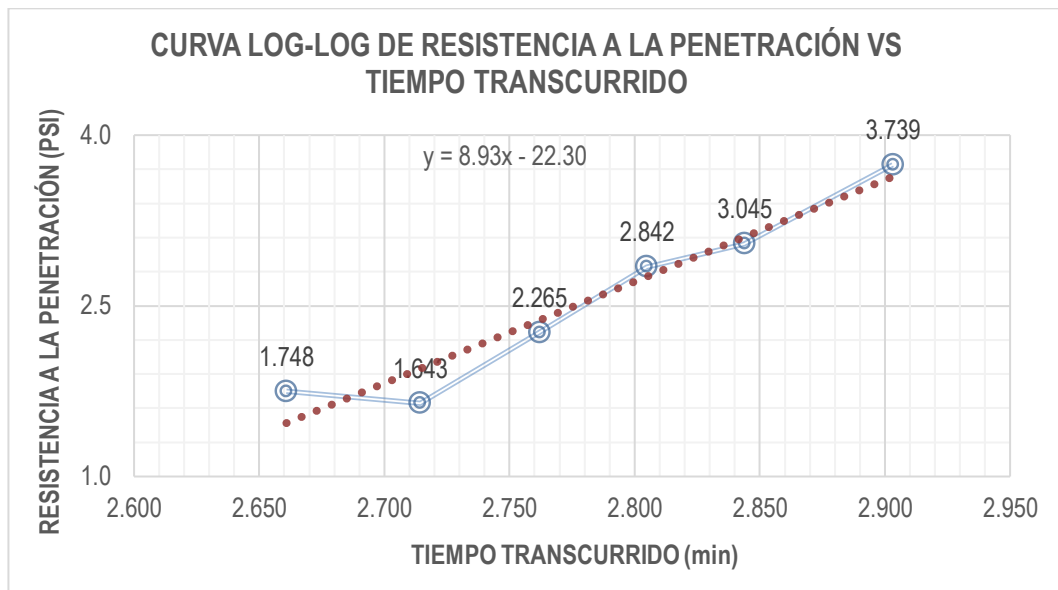
De la tabla 30 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 12.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – Δ%A.f. en (-5%).



De la figura 12 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 4300 psi en 100 min, para las últimas mediciones.

**Figura 13.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 – Δ%A.f. en (-5%).



La figura 13 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 8.93X - 22.30 \approx \log(RP) = 8.93 \log(t) - 22.30$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja "t" de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+22.30}{8.93}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	10:28:04	H: min
T. Fraguado Final	13:14:20	H: min

## 2. CONCRETO a/c:0.25 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (-10%).

**Tabla 31.** Ensayo a/c:0.25 - con  $\Delta\%$ A.f. en (-10%) – Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.25 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	08:40			
2	1"	16:35	07:55:00	07:55:00	50
3	1/2"	17:35	01:00:00	08:55:00	44
4	1/4"	18:35	01:00:00	09:55:00	52
5	1/10"	19:35	01:00:00	10:55:00	74
6	1/20"	20:35	01:00:00	11:55:00	65
7	1/40"	22:20	01:45:00	13:40:00	106

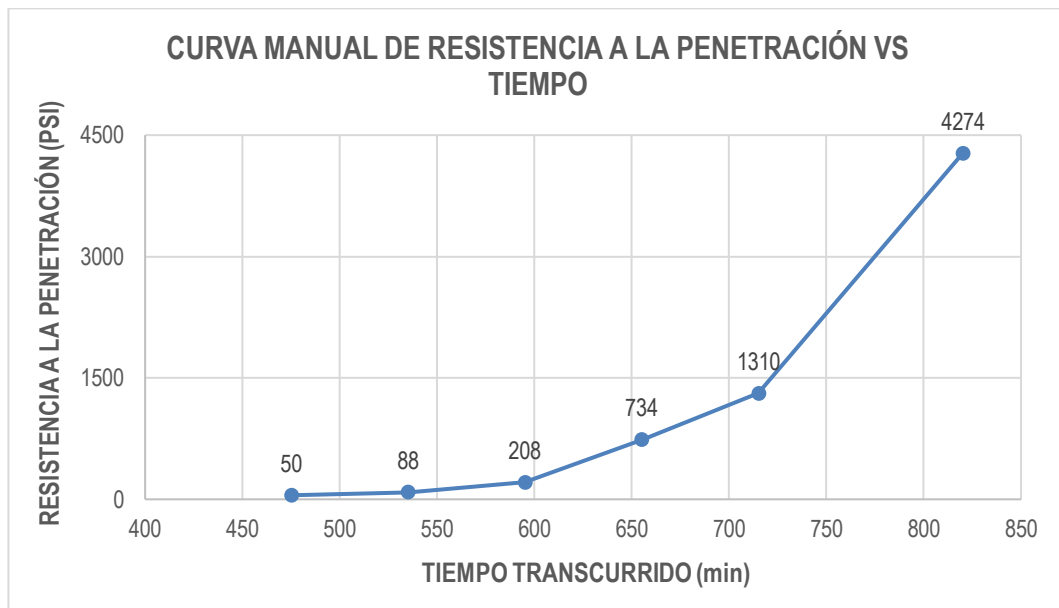
De la tabla 31 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 08:40 horas hasta las 22:20 horas, dando un tiempo acumulado de 13:40 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 50 lb a las 7:55 horas con la aguja de 1 pulg. y una lectura final de 106 lb a las 13:40 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 32.** Resistencia a la Penetración a/c:0.25 -  $\Delta\%$ A.f. en (-10%).

CONCRETO a/c:0.25 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)		Tiempo Transcurrido		
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )		T(acum) min.		Log(t)
				Log (RP)
50		475		2.677
88		535		2.728
208		595		2.775
734		655		2.816
1310		715		2.854
4274		820		2.914

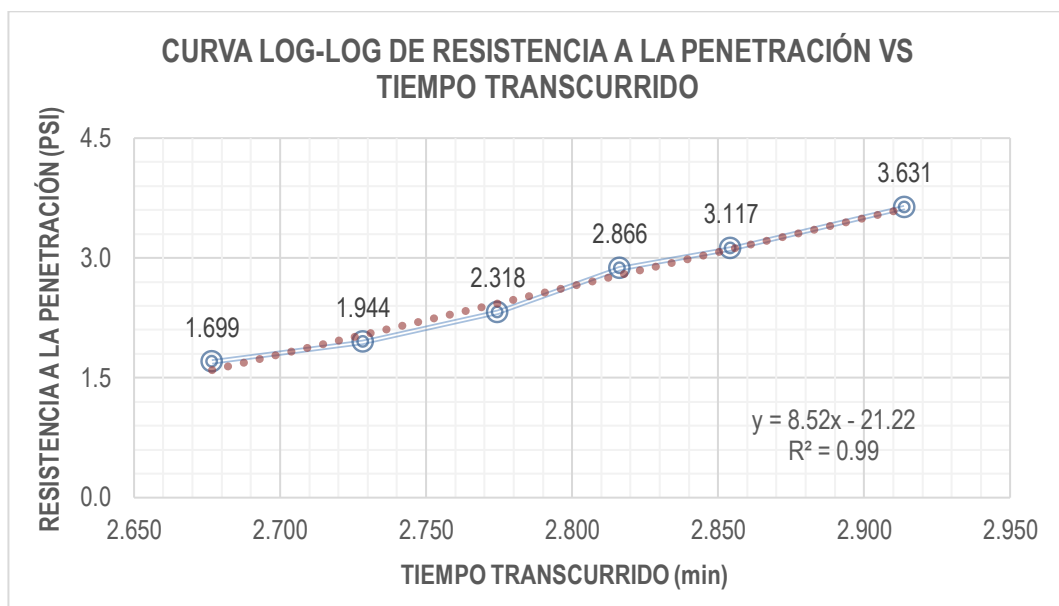
De la tabla 32 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 14.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - Δ%A.f. en (-10%).



De la figura 14 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 2964 psi en 105 min, para las últimas mediciones.

**Figura 15.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - Δ%A.f. en (-10%).



La figura 15 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 8.52X - 21.22 \approx \log(RP) = 8.52 \log(t) - 21.22$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja "t" de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+21.22}{8.52}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	10:39:44	H: min
T. Fraguado Final	13:36:35	H: min

### 3. CONCRETO a/c:0.25 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (+5%).

**Tabla 33.** Ensayo a/c:0.25 - con  $\Delta\%A.f.$  en (+5%) – Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.25 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F (lb)	
1	1"	08:42			
2	1"	16:08	07:26:00	07:26:00	50
3	1/2"	17:08	01:00:00	08:26:00	45
4	1/4"	18:08	01:00:00	09:26:00	76
5	1/10"	19:08	01:00:00	10:26:00	82
6	1/20"	20:08	01:00:00	11:26:00	64
7	1/40"	21:20	01:12:00	12:38:00	150

De la tabla 33 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 08:42 horas hasta las 21:20 horas, dando un tiempo acumulado de 12:38 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 50 lb a las 7:26 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 150 lb a las 12:38 horas con la aguja de 1/40 pulg.

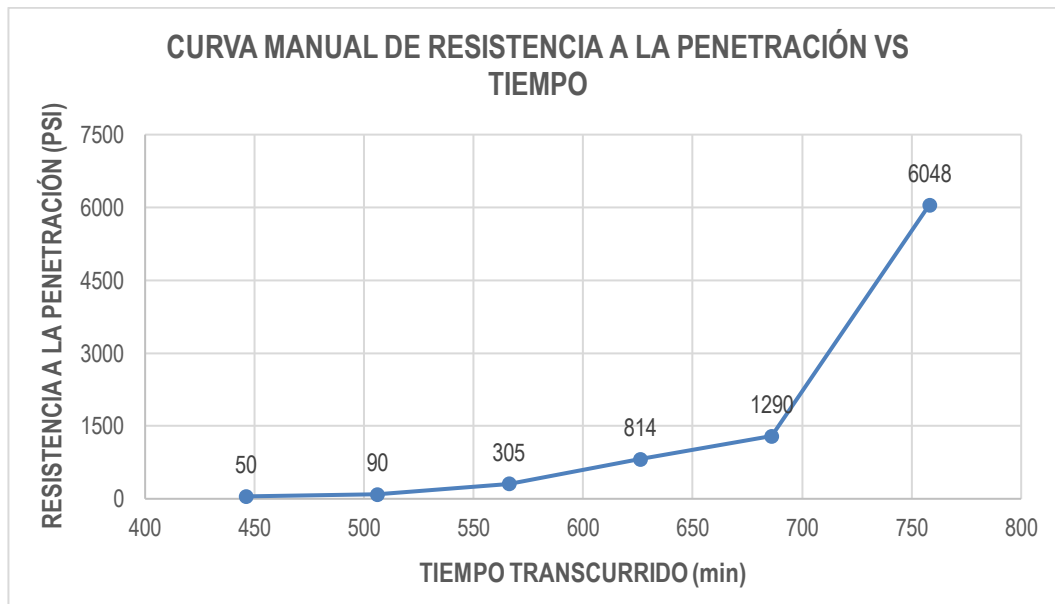


**Tabla 34.** Resistencia a la Penetración a/c:0.25 - Δ%A.f. en (+5%).

CONCRETO a/c:0.25 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.		
50	446	2.649	1.699
90	506	2.704	1.954
305	566	2.753	2.484
814	626	2.797	2.911
1290	686	2.836	3.111
6048	758	2.880	3.782

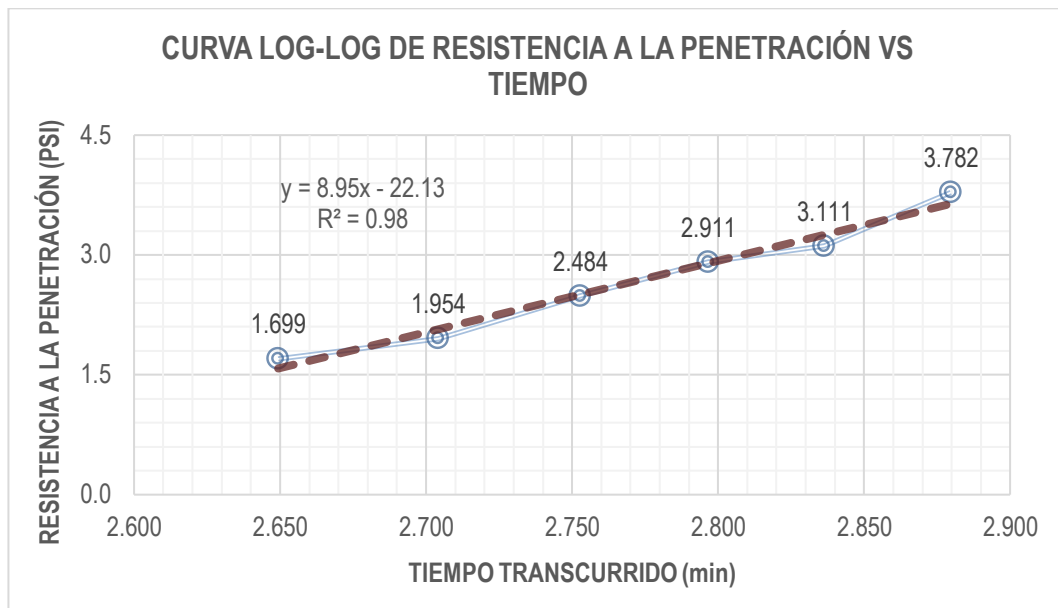
De la tabla 34 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 16.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - Δ%A.f. en (+5%).



De la figura 16 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 4758 psi en 72 min, para las últimas mediciones.

**Figura 17.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - Δ%A.f. en (+5%).



La figura 17 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 8.95X - 22.13 \approx \log(RP) = 8.95 \log(t) - 22.13$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+22.13}{8.95}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	09:55:40	H: min
T. Fraguado Final	12:29:54	H: min

#### 4. CONCRETO a/c:0.25 CON VARIACIÓN DE AGREGADO FINO EN (+10%).

**Tabla 35.** Ensayo a/c:0.25 - con  $\Delta\%$ A.f. en (+10%) – Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.25 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)	
1	1"	08:30			
2	1"	16:05	07:35:00	07:35:00	48
3	1/2"	17:05	01:00:00	08:35:00	60
4	1/4"	18:05	01:00:00	09:35:00	84
5	1/10"	19:05	01:00:00	10:35:00	78
6	1/20"	20:05	01:00:00	11:35:00	98
7	1/40"	20:50	00:45:00	12:20:00	188

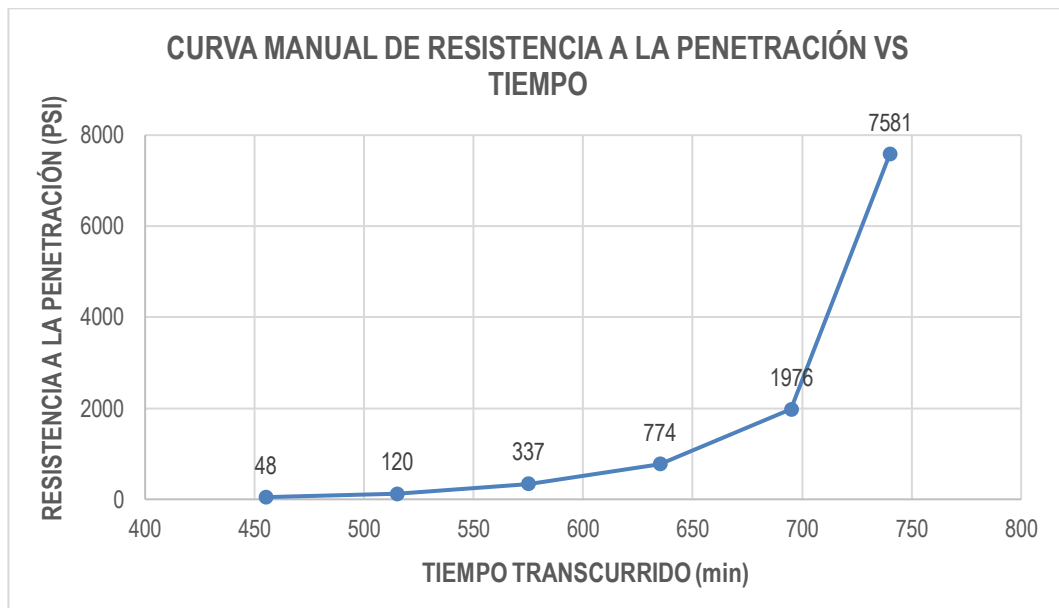
De la tabla 35 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 08:30 horas hasta las 20:50 horas, dando un tiempo acumulado de 12:20 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 48 lb a las 7:35 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 188 lb a las 12:20 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 36.** Resistencia a la Penetración a/c:0.25 -  $\Delta\%$ A.f. (+10%).

CONCRETO a/c:0.25 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)	
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.			
48	455	2.66	1.681	
120	515	2.71	2.079	
337	575	2.76	2.528	
774	635	2.80	2.889	
1976	695	2.84	3.296	
7581	740	2.87	3.880	

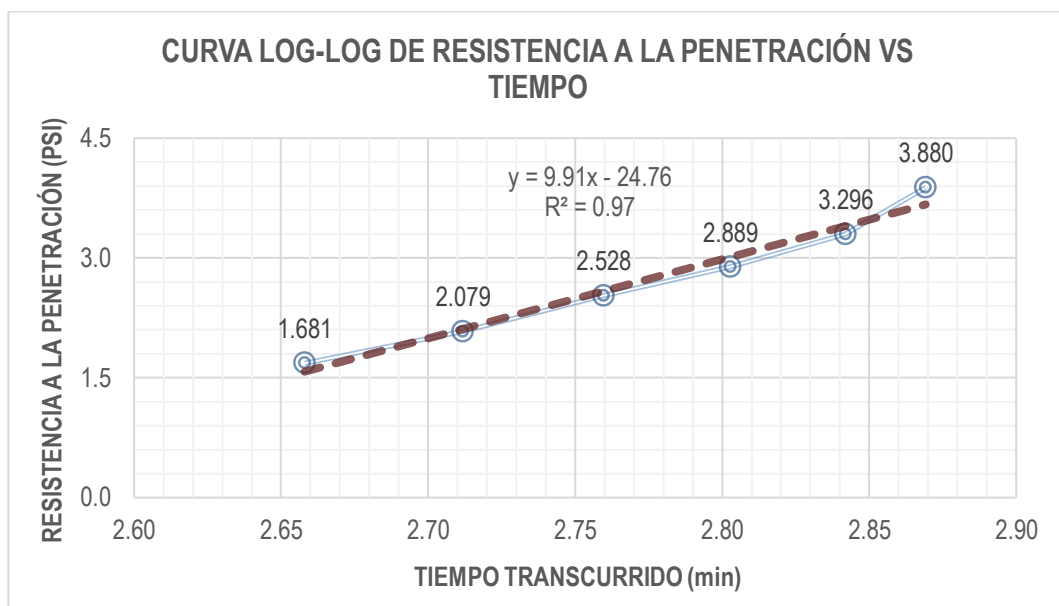
De la tabla 36 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 18.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - Δ%A.f. en (+10%).



De la figura 18 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 5605 psi en 45 min, para las últimas mediciones.

**Figura 19.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo - a/c:0.25 - Δ%A.f. en (+10%).



La figura 19 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 9.91X - 24.76 \approx \log(RP) = 9.91 \log(t) - 24.76$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja "t" de la ecuación obteniendo lo siguiente.

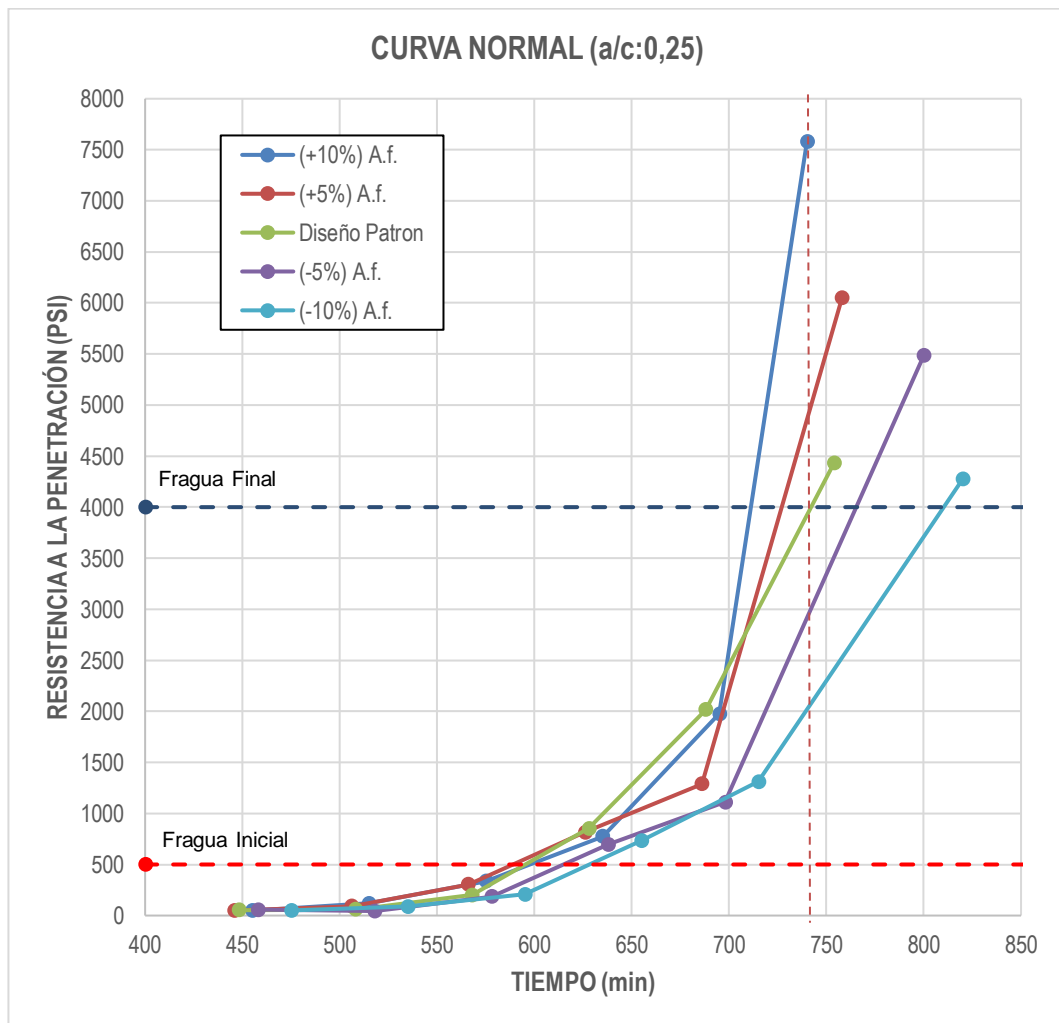
$$t = 10^{\frac{\log(RP)+24.76}{9.91}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

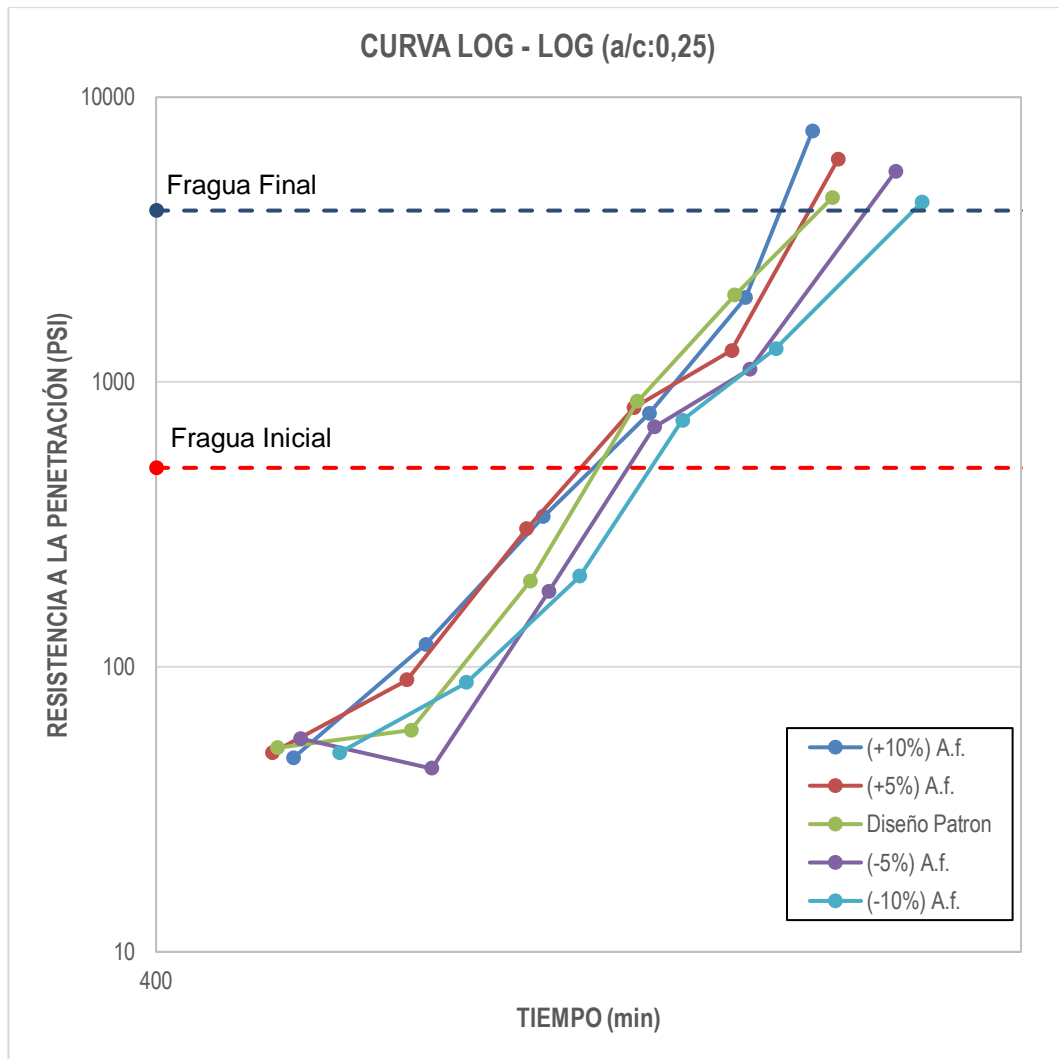
T. Fragua Inicial	09:50:12	H: min
T. Fraguado Final	12:07:47	H: min

## 5. RESUMEN

Figura 20. Curva Normal Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).



**Figura 21.** Curva Logarítmica Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).



La figura 20 y la figura 21, grafican la distribución de los puntos obtenidos en ensayo de la resistencia a la penetración con respecto de tiempo en minutos, en curva manual y curva logarítmica, para el diseño patrón y sus variaciones en porcentaje de agregado fino; donde las variaciones de agregado fino en +5% y +10% presentan un fraguado final en menor tiempo, caso contrario con variaciones del agregado fino en -5% y -10%, con respecto al diseño patrón.

### 5.1.3.2 CONCRETO a/c:0.30 DISEÑO PATRON.

**Tabla 37.** Ensayo a/c:0.30 - Resistencia a la Penetración Diseño Patrón

ENSAYO a/c:0.30 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	08:10			
2	1"	11:40	03:30:00	03:30:00	52
3	1/2"	12:40	01:00:00	04:30:00	130
4	1/4"	13:30	00:50:00	05:20:00	175
5	1/10"	14:10	00:40:00	06:00:00	200
6	1/20"	14:50	00:40:00	06:40:00	165
7	1/40"	15:31	00:41:00	07:21:00	180

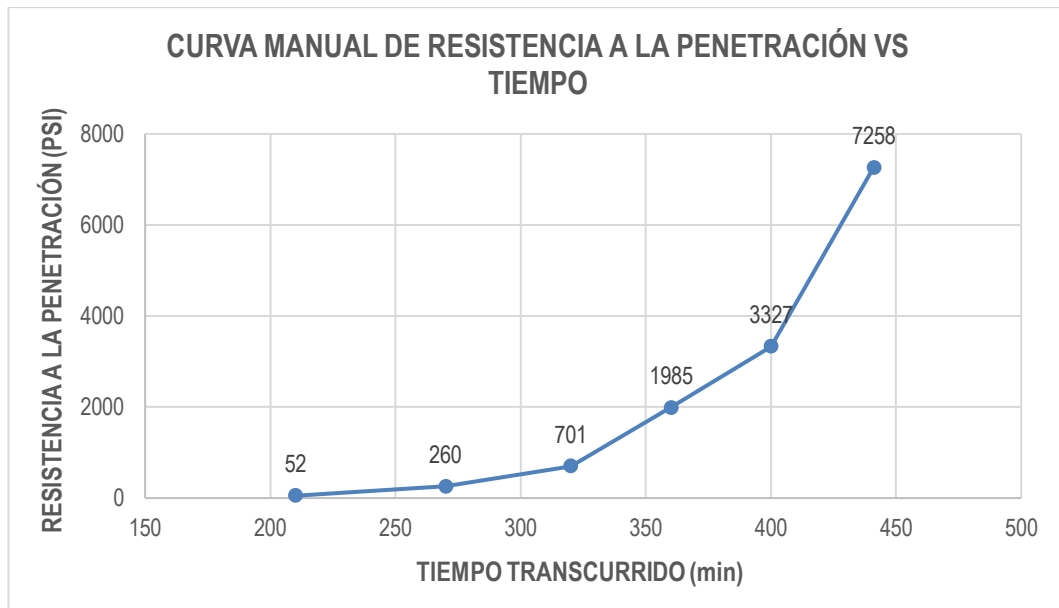
De la tabla 37 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 08:10 horas hasta las 15:31 horas, dando un tiempo acumulado de 7:21 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 52 lb a las 3:30 horas con la aguja de 1 pulg. y una lectura final de 180 lb a las 7:21 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 38.** Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - Diseño Patrón

CONCRETO a/c:0.30 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.		
52	210	2.322	1.716
260	270	2.431	2.415
701	320	2.505	2.846
1985	360	2.556	3.298
3327	400	2.602	3.522
7258	441	2.644	3.861

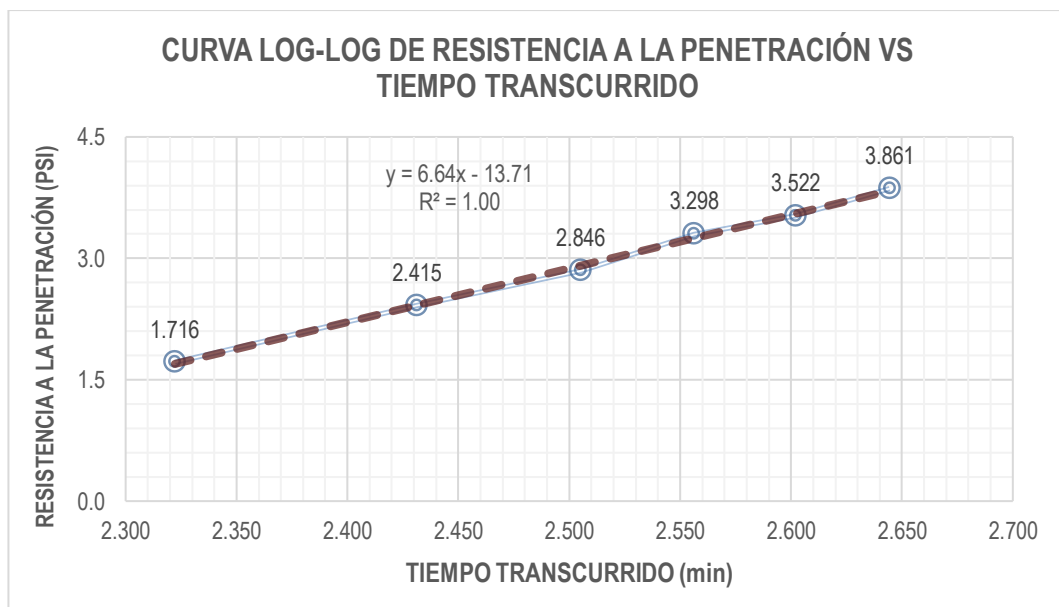
De la tabla 38 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 22.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.30.



De la figura 22 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 3931.44 psi en 41 min, para las últimas mediciones.

**Figura 23.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.30.



La figura 23 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:



$$Y = 6.64X - 13.71 \approx \log(RP) = 6.64 \log(t) - 13.71$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja "t" de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+13.71}{6.64}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	04:57:51	H: min
T. Fraguado Final	06:47:23	H: min

### 1. CONCRETO a/c:0.30 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (-5%).

**Tabla 39.** Ensayo a/c:0.30 Δ%A.f. en (-5%) - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.30 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	ΔT [H: m.]	ΔT acum.	F(lb)
1	1"	09:00			
2	1"	15:00	06:00:00	06:00:00	52
3	1/2"	15:40	00:40:00	06:40:00	74
4	1/4"	16:20	00:40:00	07:20:00	82
5	1/10"	17:00	00:40:00	08:00:00	76
6	1/20"	17:40	00:40:00	08:40:00	86
7	1/40"	18:31	00:51:00	09:31:00	178

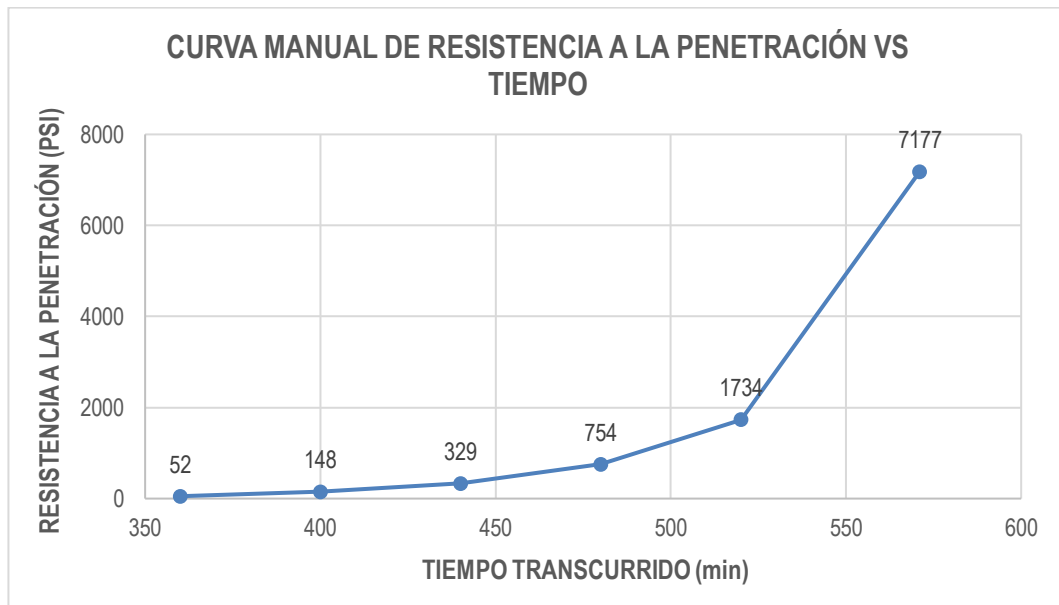
De la tabla 39 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 09:00 horas hasta las 18:31 horas, dando un tiempo acumulado de 09:31 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 52 lb a las 06:00 horas, con la aguja de 1 pulg. y una lectura final de 178 lb a las 09:31 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 40.** Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - %A.f. en (-5%).

CONCRETO a/c:0.30 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.		
52	360	2.556	1.716
148	400	2.602	2.170
329	440	2.643	2.517
754	480	2.681	2.877
1734	520	2.716	3.239
7177	571	2.757	3.856

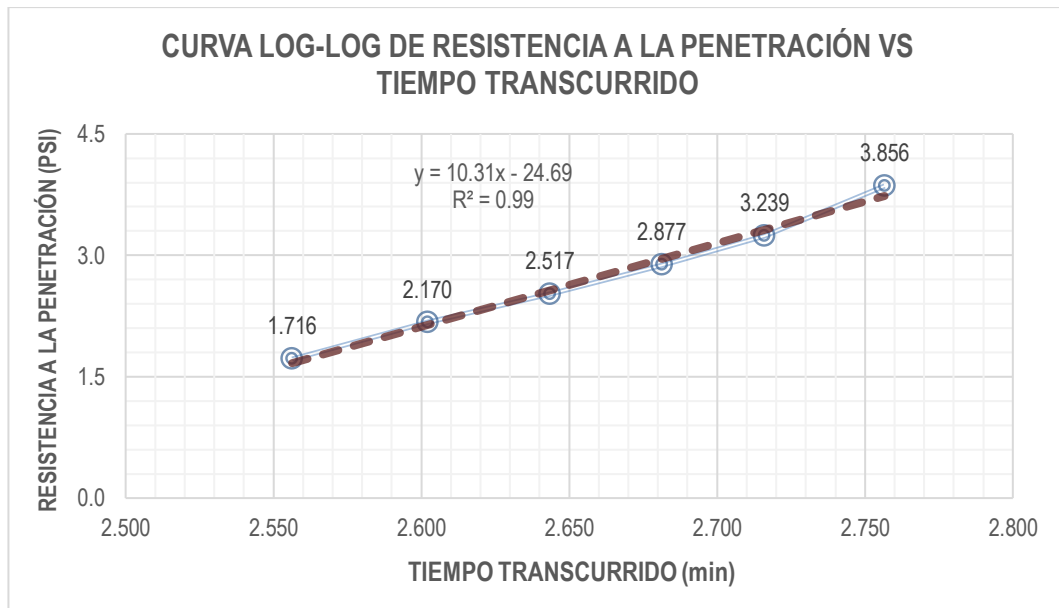
De la tabla 40 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 24.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 24 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 5443 psi en 51 min, para las últimas mediciones.

**Figura 25.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.30.



La figura 25 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 10.31X - 24.69 \approx \log(RP) = 10.31 \log(t) - 24.69$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+24.69}{10.31}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	07:32:54	H: min
T. Fraguado Final	09:14:38	H: min

## 2. CONCRETO a/c:0.30 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (-10%).

**Tabla 41.** Ensayo a/c:0.30 -  $\Delta\%A.f.$  en (-10%) - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.30 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	10:00			
2	1"	17:30	07:30:00	07:30:00	80
3	1/2"	18:10	00:40:00	08:10:00	76
4	1/4"	18:50	00:40:00	08:50:00	96
5	1/10"	19:30	00:40:00	09:30:00	114
6	1/20"	20:10	00:40:00	10:10:00	100
7	1/40"	20:50	00:40:00	10:50:00	192

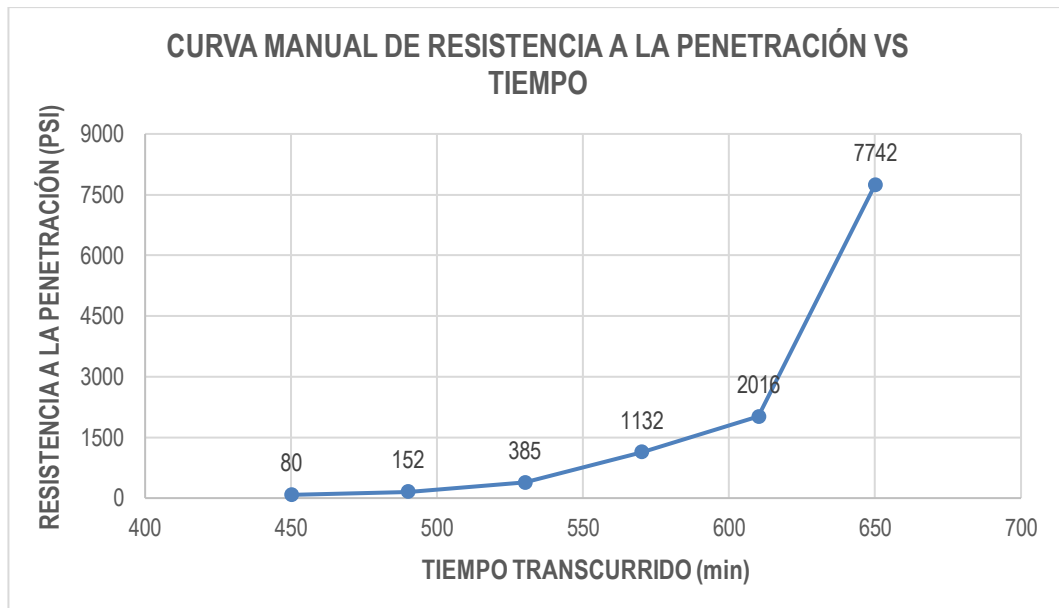
De la tabla 41 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 10 horas hasta las 20:50 horas, dando un tiempo acumulado de 10:50 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 80 lb a las 7:30 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 192 lb a las 10:50 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 42.** Resistencia a la Penetración a/c:0.30 -  $\Delta\%A.f.$  en -10%.

CONCRETO a/c:0.30 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)		Tiempo Transcurrido		
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )		T(acum) min.		Log(t)
				Log (RP)
80		450		2.653
152		490		2.690
385		530		2.724
1132		570		2.756
2016		610		2.785
7742		650		2.813

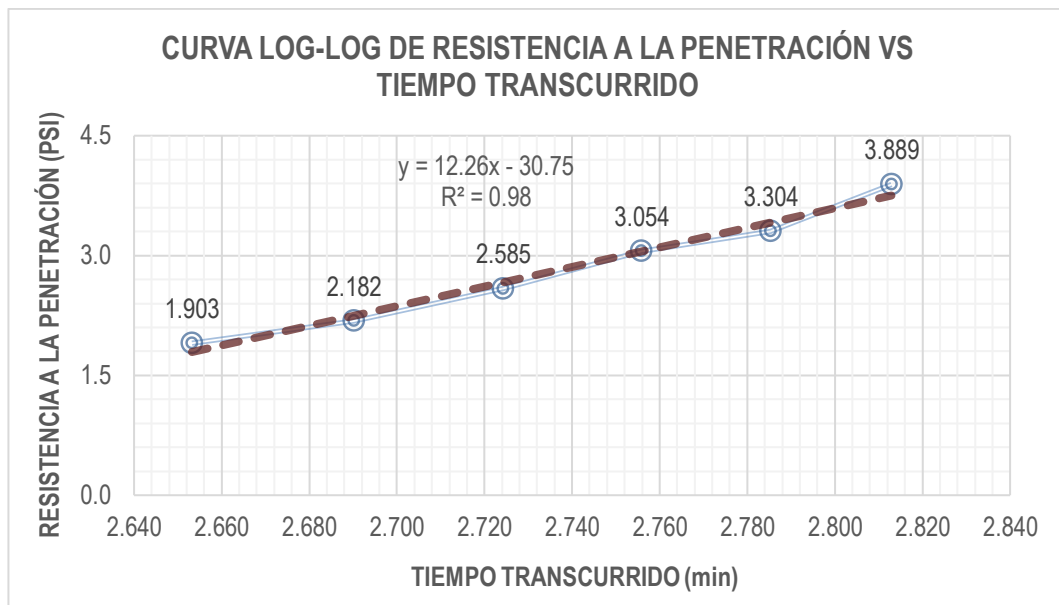
De la tabla 42 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 26.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 26 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 5726 psi en 40 min, para las últimas mediciones.

**Figura 27.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.30.



La figura 27 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 12.26X - 30.75 \approx \log(RP) = 12.26 \log(t) - 30.75$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+30.75}{12.26}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	08:53:20	H: min
T. Fraguado Final	10:32:25	H: min

### 3. CONCRETO a/c:0.30 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (+5%).

**Tabla 43.** Ensayo a/c:0.30 - Δ%A.f. en +5% - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.30 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	ΔT [H: m.]	ΔT acum.	F(lb)
1	1"	08:00			
2	1"	10:42	02:42:00	02:42:00	58
3	1/2"	11:22	00:40:00	03:22:00	71
4	1/4"	12:02	00:40:00	04:02:00	88
5	1/10"	12:42	00:40:00	04:42:00	62
6	1/20"	13:22	00:40:00	05:22:00	84
7	1/40"	14:36	01:14:00	06:36:00	106

De la tabla 43 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 08:00 horas hasta las 14:36 horas, dando un tiempo acumulado de 06:36 horas.

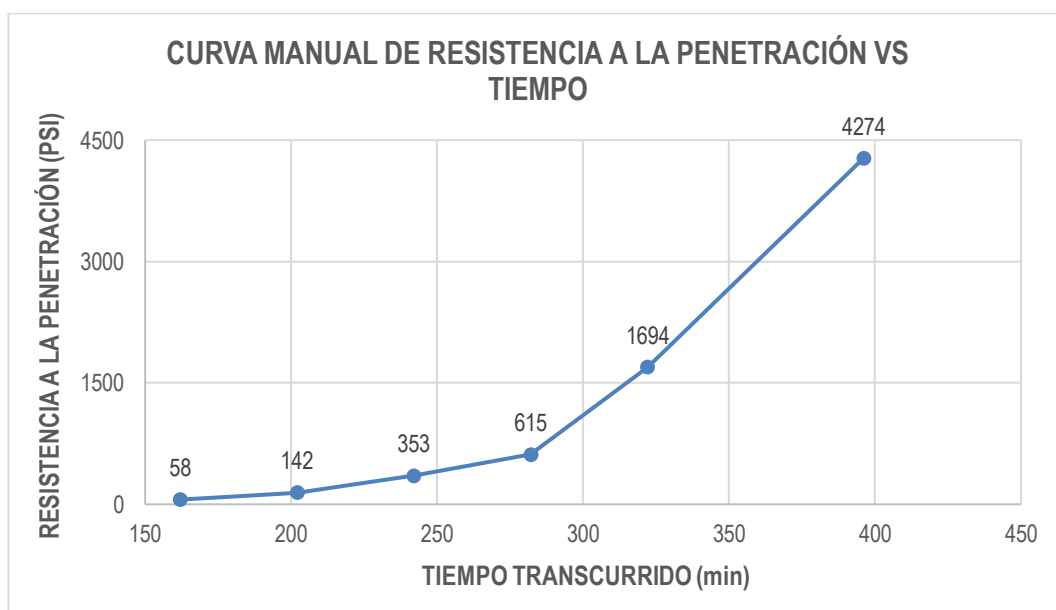
Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 58 lb a las 02:42 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 106 lb a las 06:36 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 44.** Resistencia a la Penetración a/c:0.30 - Δ%A.f. +5%

CONCRETO a/c:0.30 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum.) min.		
58	162	2.210	1.763
142	202	2.305	2.152
353	242	2.384	2.548
615	282	2.450	2.789
1694	322	2.508	3.229
4274	396	2.598	3.631

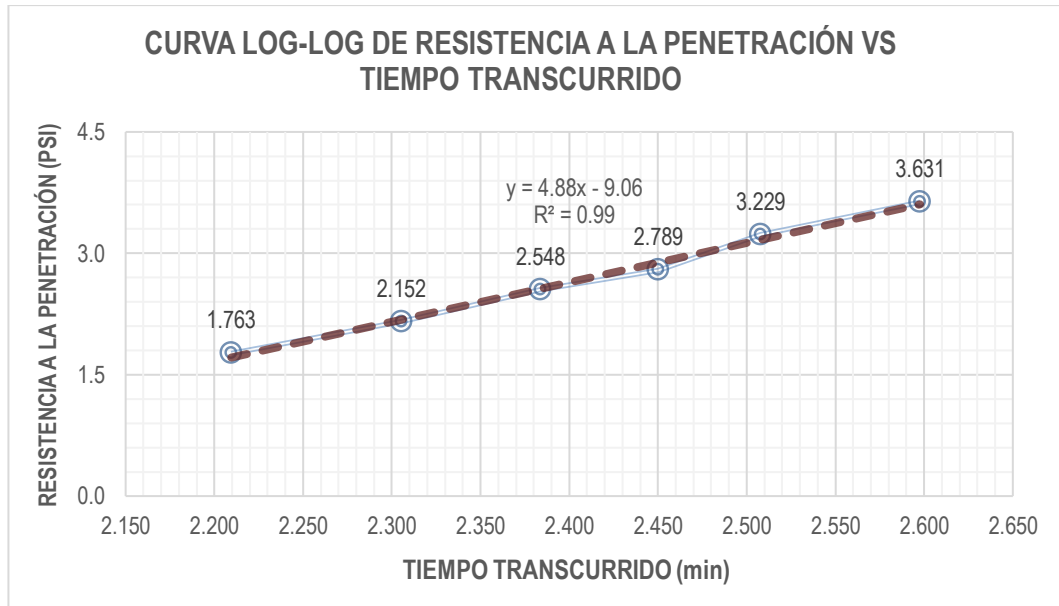
De la tabla 44 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 28.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 28 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 2580 psi en 74 min, para las últimas mediciones.

**Figura 29.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.30.



La figura 29 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 4.88X - 9.06 \approx \log(RP) = 4.88 \log(t) - 9.06$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+9.06}{4.88}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	04:18:14	H: min
T. Fraguado Final	06:35:22	H: min



#### 4. CONCRETO a/c:0.30 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (+10%).

**Tabla 45.** Ensayo a/c:0.30 -  $\Delta\%A.f.$  en +10% - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.30 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)	
1	1"	09:10			
2	1"	12:02	02:52:00	02:52:00	70
3	1/2"	12:42	00:40:00	03:32:00	88
4	1/4"	13:22	00:40:00	04:12:00	98
5	1/10"	14:02	00:40:00	04:52:00	72
6	1/20"	14:56	00:54:00	05:46:00	70
7	1/40"	16:20	01:24:00	07:10:00	118

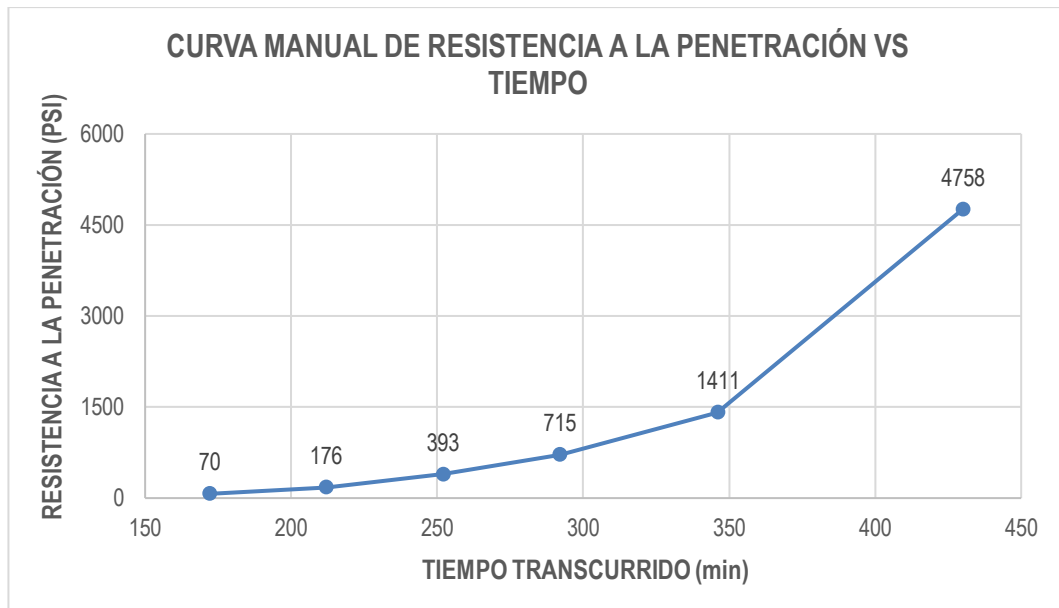
De la tabla 45 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 09:10 horas hasta las 16:20 horas, dando un tiempo acumulado de 07:10 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 70 lb a las 02:52 horas con la aguja de 1 pulg. y una lectura final de 118 lb a las 07:10 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 46.** Resistencia a la Penetración a/c:0.30 -  $\%A.f.$  en +10%.

CONCRETO a/c:0.30 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)	
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.			
70	172	2.236	1.845	
176	212	2.326	2.246	
393	252	2.401	2.594	
715	292	2.465	2.854	
1411	346	2.539	3.150	
4758	430	2.633	3.677	

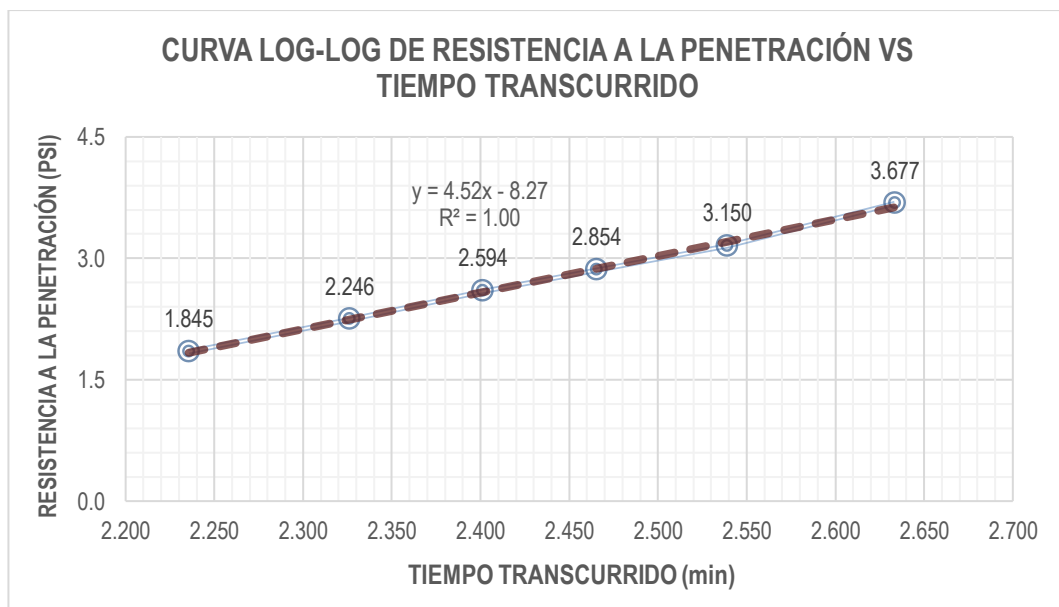
De la tabla 46 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada una de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 30.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 30 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 3347 psi en 84 min, para las últimas mediciones.

**Figura 31.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.30.



La figura 31 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo ambas en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 4.52X - 8.27 \approx \log(RP) = 4.52 \log(t) - 8.27$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

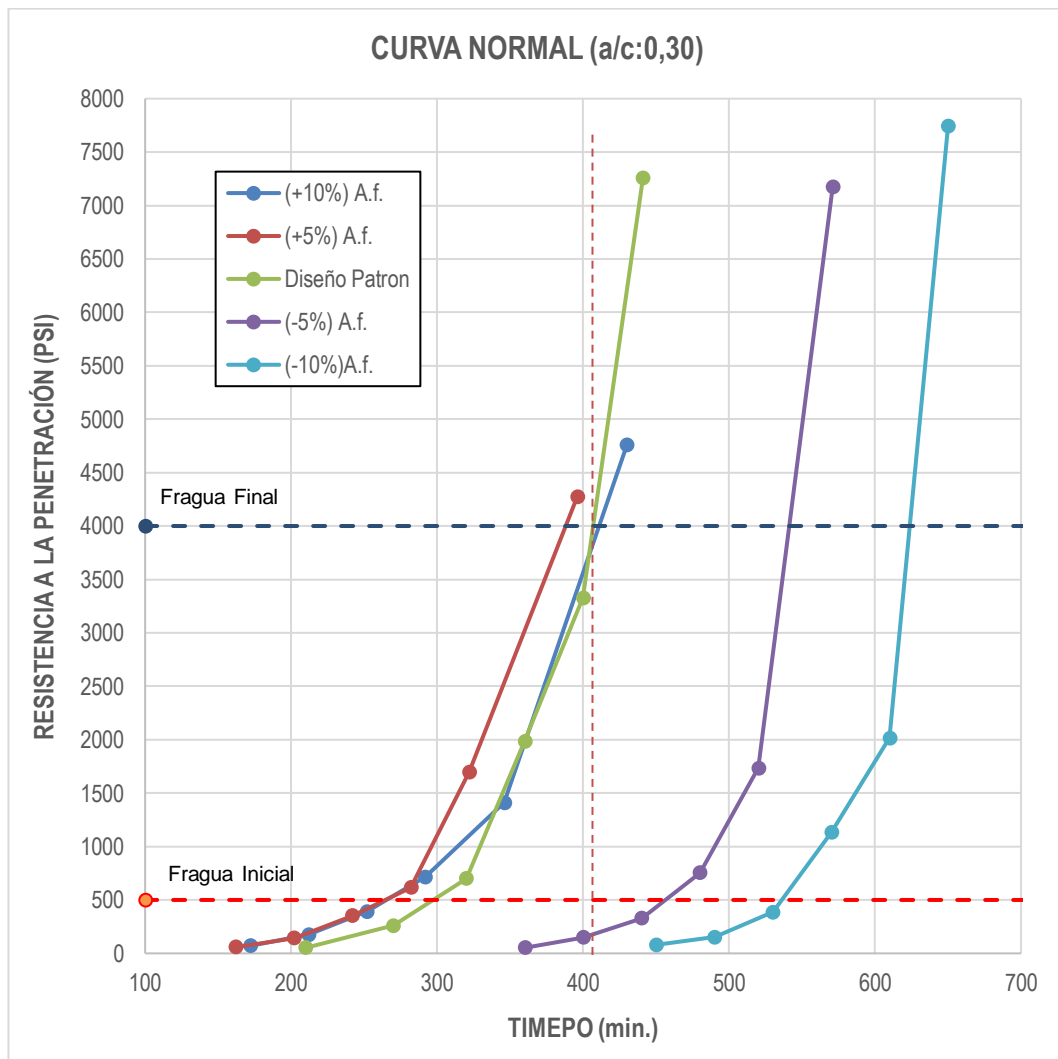
$$t = 10^{\frac{\log(RP)+8.27}{4.52}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

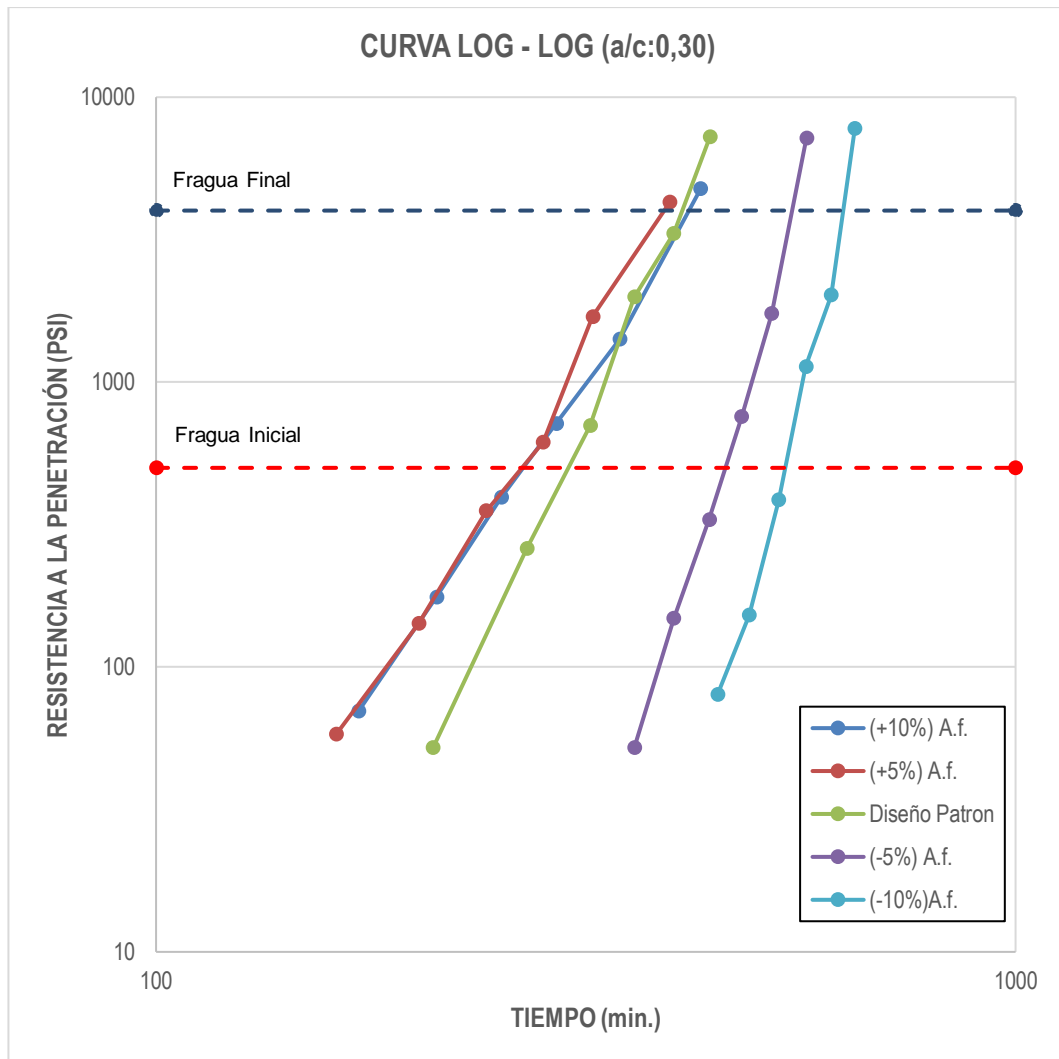
T. Fragua Inicial	04:27:18	H: min
T. Fraguado Final	07:03:39	H: min

## 5. RESUMEN

**Figura 32.** Curva Normal Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).



**Figura 33.** Curva Logarítmica Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).



La figura 32 y la figura 33, grafican la distribución de los puntos obtenidos en ensayo de la resistencia a la penetración con respecto de tiempo en minutos, en curva manual y curva logarítmica, para el diseño patrón y sus variaciones en porcentaje de agregado fino; donde las variaciones de agregado fino en +5% presentan un fraguado final en menor tiempo, caso contrario con variaciones del agregado fino en +10%, -5% y -10%, con respecto al diseño patrón.

### 5.1.3.3 CONCRETO a/c:0.35 DISEÑO PATRON.

**Tabla 47.** Ensayo a/c:0.35 Diseño Patrón - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.35 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	10:18			
2	1"	13:50	03:32:00	03:32:00	72
3	1/2"	14:50	01:00:00	04:32:00	76
4	1/4"	15:50	01:00:00	05:32:00	72
5	1/10"	16:50	01:00:00	06:32:00	80
6	1/20"	17:50	01:00:00	07:32:00	65
7	1/40"	20:19	02:29:00	10:01:00	106

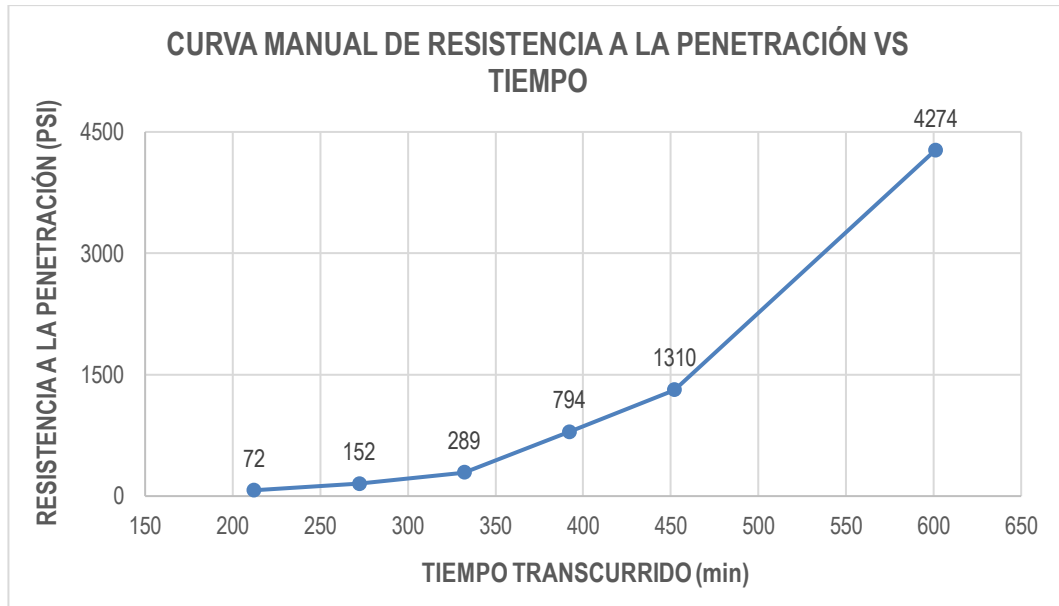
De la tabla 47 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 10:18 horas hasta las 20:19 horas, dando un tiempo acumulado de 10:01 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 72 lb a las 03:32 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 106 lb a las 10:01 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 48.** Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - Diseño Patrón.

CONCRETO a/c:0.35 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)	
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.			
72	212	2.326	1.857	
152	272	2.435	2.182	
289	332	2.521	2.461	
794	392	2.593	2.900	
1310	452	2.655	3.117	
4274	601	2.779	3.631	

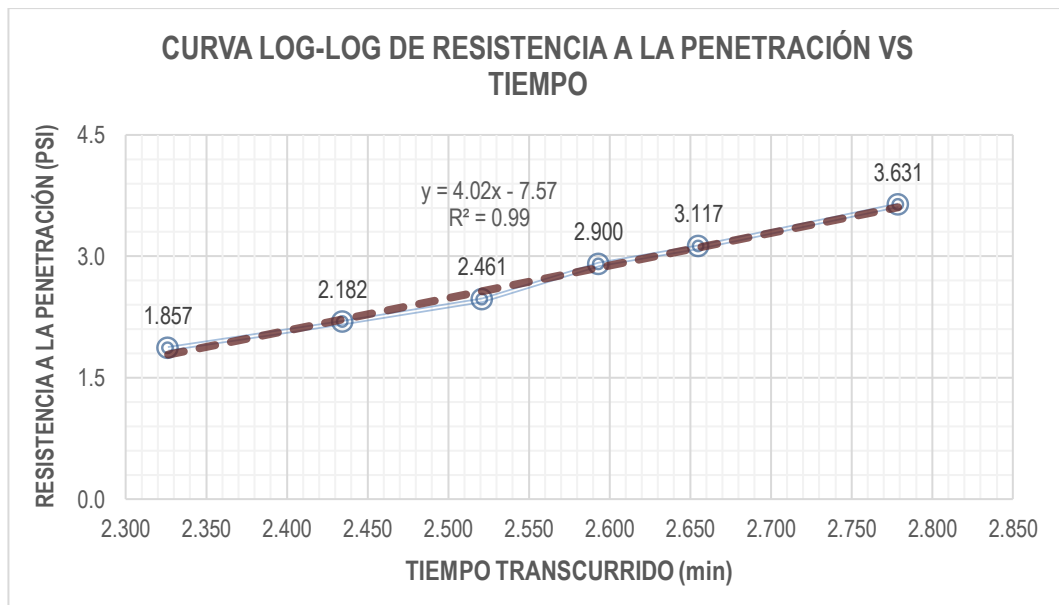
De la tabla 48 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada uno de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 34.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.35.



De la figura 34 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 2964 psi en 149 min, para las últimas mediciones.

**Figura 35.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – Diseño Patrón- a/c:0.35.



La figura 35 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 4.02X - 7.57 \approx \log(RP) = 4.02 \log(t) - 7.57$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja "t" de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+7.57}{4.02}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	05:57:16	H: min
T. Fraguado Final	09:59:47	H: min

### 1. CONCRETO a/c:0.35 CON VARIACION DEL AGREGADO FINO EN (-5%).

**Tabla 49.** Ensayo a/c:0.35 -  $\Delta\%$ A.f. en (-5%). - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.35 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	10:18			
2	1"	13:30	03:12:00	03:12:00	128
3	1/2"	14:30	01:00:00	04:12:00	150
4	1/4"	15:10	00:40:00	04:52:00	145
5	1/10"	15:40	00:30:00	05:22:00	123
6	1/20"	16:20	00:40:00	06:02:00	132
7	1/40"	17:05	00:45:00	06:47:00	185

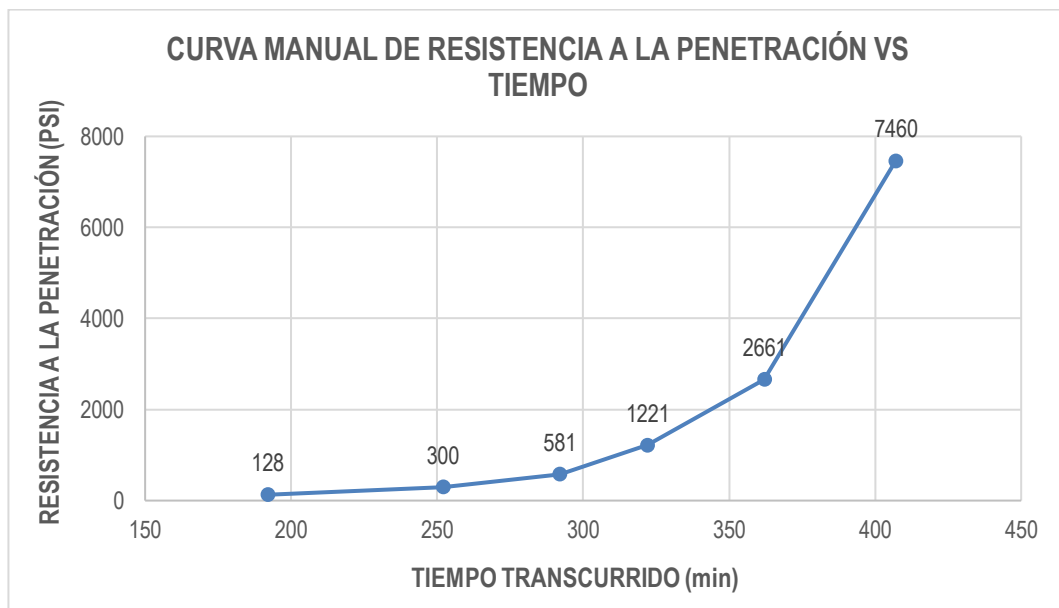
De la tabla 49 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 10:18 horas hasta las 17:05 horas, dando un tiempo acumulado de 06:47 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 128 lb a las 03:12 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 187 lb a las 06:47 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 50.** Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - Δ%A.f. en -5%

CONCRETO a/c:0.35 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.		
128	192	2.283	2.107
300	252	2.401	2.477
581	292	2.465	2.764
1221	322	2.508	3.087
2661	362	2.559	3.425
7460	407	2.610	3.873

De la tabla 50 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada uno de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

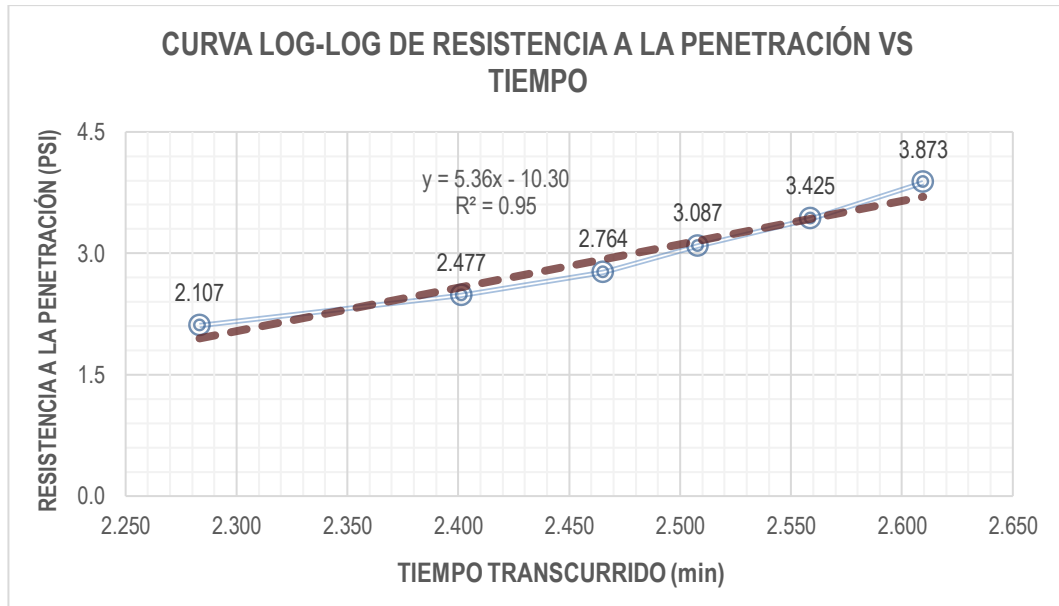
**Figura 36.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 36 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 4799 psi en 45 min, para las últimas mediciones.



**Figura 37.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-5%) A.f. - a/c:0.35.



La figura 37 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 5.36X - 10.30 \approx \log(RP) = 5.36 \log(t) - 10.30$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+10.30}{5.36}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	04:24:51	H: min
T. Fraguado Final	06:30:50	H: min

## 2. CONCRETO a/c:0.35 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (-10%).

**Tabla 51.** Ensayo a/c:0.35 -  $\Delta\%A.f.$  en (-10%) - Resistencia a la Penetración.

ENSAYO a/c:0.35 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)	
1	1"	10:18			
2	1"	14:30	04:12:00	04:12:00	56
3	1/2"	15:10	00:40:00	04:52:00	70
4	1/4"	15:50	00:40:00	05:32:00	122
5	1/10"	16:30	00:40:00	06:12:00	116
6	1/20"	17:10	00:40:00	06:52:00	144
7	1/40"	17:30	00:20:00	07:12:00	111

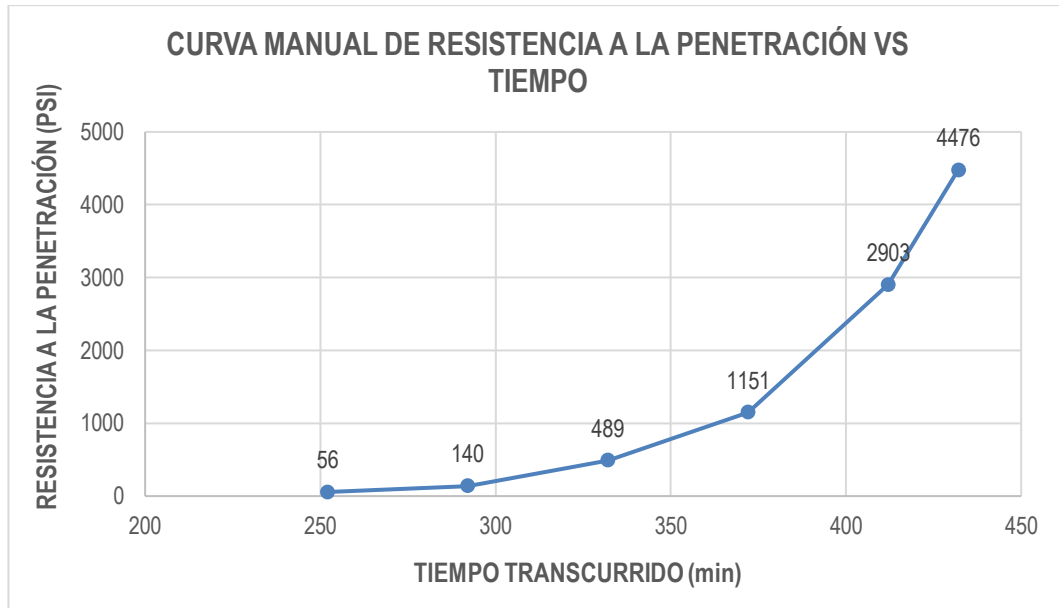
De la tabla 51 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 10:18 horas hasta las 17:30 horas, dando un tiempo acumulado de 07:12 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 56 lb a las 04:12 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 111 lb a las 07:12 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 52.** Resistencia a la Penetración a/c:0.35 -  $\%A.f.$  en (-10%).

CONCRETO a/c:0.35 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN				
Resistencia a la Penetración (RP)		Tiempo Transcurrido		
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )		T(acum) min.	Log(t)	Log (RP)
56		252	2.401	1.748
140		292	2.465	2.146
489		332	2.521	2.689
1151		372	2.571	3.061
2903		412	2.615	3.463
4476		432	2.635	3.651

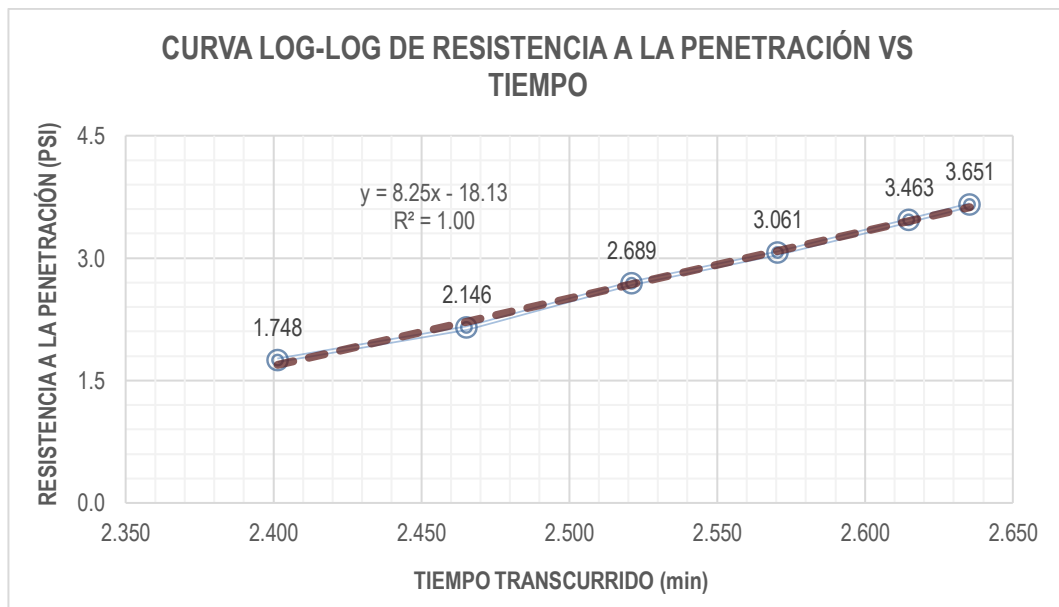
De la tabla 52 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada uno de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 38.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 38 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 1573 psi en 20 min, para las últimas mediciones.

**Figura 39.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (-10%) A.f. - a/c:0.35.



La figura 39 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 8.25X - 18.13 \approx \log(RP) = 8.25 \log(t) - 18.13$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+18.13}{8.25}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

Fragua Inicial	05:33:26	H: min
T. Fraguado Final	07:09:32	H: min

### 3. CONCRETO a/c:0.35 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (+5%).

**Tabla 53.** Resistencia a la Penetración (+5%) - a/c:0.35.

ENSAYO a/c:0.35 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
	MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)
1	1"	11:15			
2	1"	14:50	03:35:00	03:35:00	50
3	1/2"	15:30	00:40:00	04:15:00	46
4	1/4"	16:10	00:40:00	04:55:00	46
5	1/10"	16:50	00:40:00	05:35:00	34
6	1/20"	17:30	00:40:00	06:15:00	38
8	1/40"	19:38	01:08:00	08:23:00	140

De la tabla 53 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 11:15 horas hasta las 19:38 horas, dando un tiempo acumulado de 08:23 horas.

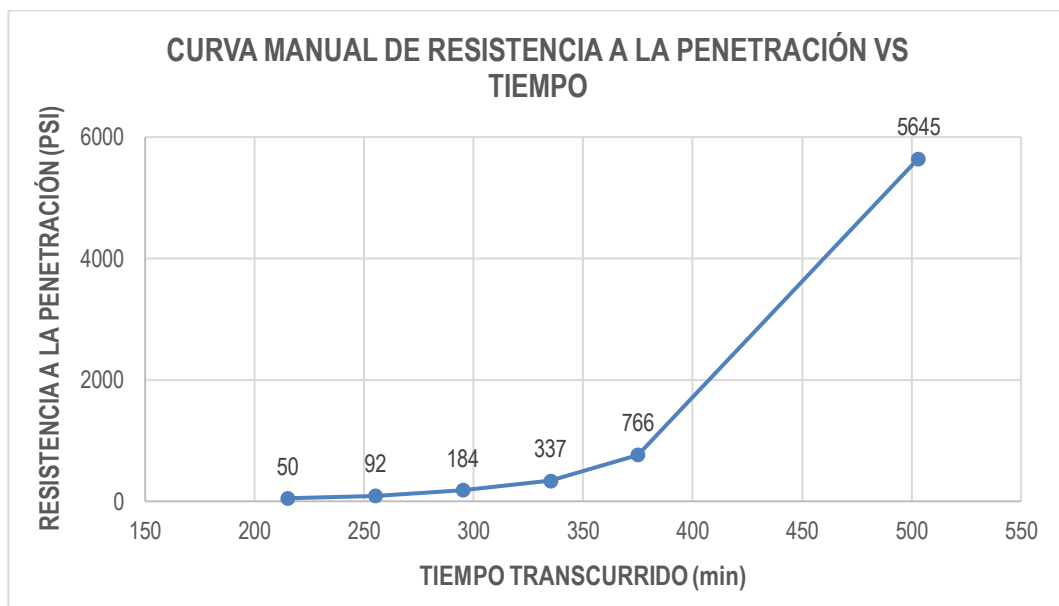
Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 50 lb a las 03:35 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 140 lb a las 08:23 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 54.** Resistencia a la Penetración a/c:0.35 - %A.f. en (+5%).

CONCRETO a/c:0.35 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.		
50	215	2.332	1.699
92	255	2.407	1.964
184	295	2.470	2.265
337	335	2.525	2.528
766	375	2.574	2.884
5645	503	2.702	3.752

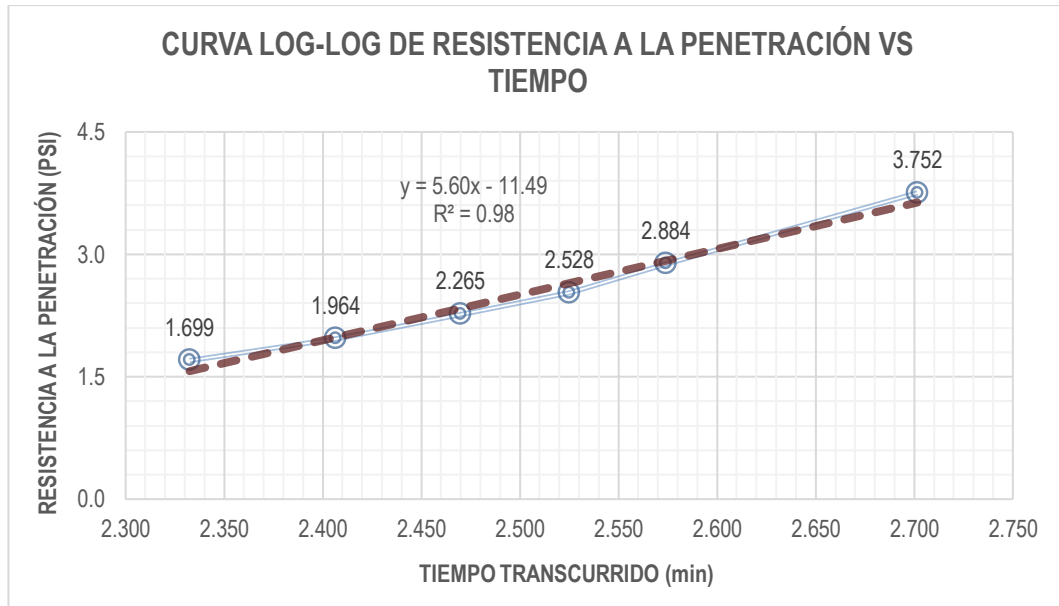
De la tabla 54 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada uno de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 40.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 40 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 4879 psi en 128 min, para las últimas mediciones.

**Figura 41.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+5%) A.f. - a/c:0.35.



La figura 41 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:

$$Y = 5.60X - 11.49 \approx \log(RP) = 5.60 \log(t) - 11.49$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja “t” de la ecuación obteniendo lo siguiente.

$$t = 10^{\frac{\log(RP)+11.49}{5.60}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

T. Fragua Inicial	05:36:31	H: min
T. Fraguado Final	07:57:32	H: min

#### 4. CONCRETO a/c:0.35 CON VARIACIÓN DEL AGREGADO FINO EN (+10%).

**Tabla 55.** Resistencia a la Penetración (+10%) - a/c:0.35.

ENSAYO a/c:0.35 - RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN					
MEDICIÓN	Hora	$\Delta T$ [H: m.]	$\Delta T$ acum.	F(lb)	
1	1"	10:45			
2	1"	14:00	03:15:00	03:15:00	58
3	1/2"	14:40	00:40:00	03:55:00	144
4	1/4"	15:20	00:40:00	04:35:00	88
5	1/10"	16:00	00:40:00	05:15:00	62
6	1/20"	16:40	00:40:00	05:55:00	78
10	1/40"	18:40	00:10:00	07:55:00	176

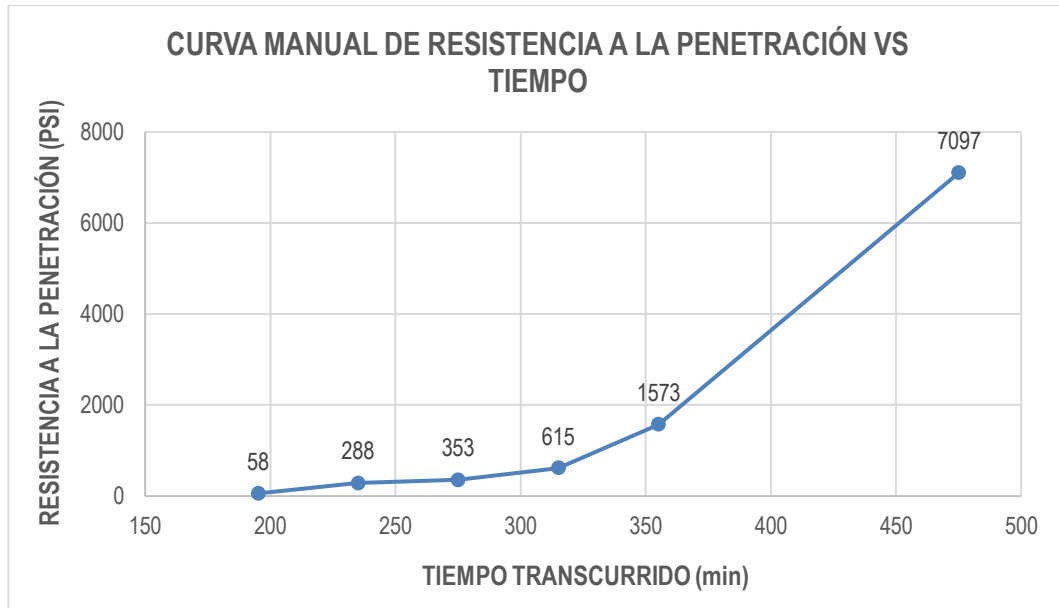
De la tabla 55 se tiene los valores obtenidos tras los ensayos realizados desde las 10:45 horas hasta las 18:40 horas, dando un tiempo acumulado de 07:55 horas. Realizando una lectura de resistencia a la penetración inicial de 58 lb a las 03:15 horas con la aguja de 1 pulg. asimismo, una lectura final de 176 lb a las 07:55 horas con la aguja de 1/40 pulg.

**Tabla 56.** Resistencia a la Penetración a/c:0.35 -  $\Delta\%A.f.$  +10%

CONCRETO a/c:0.35 - TIEMPO TRANSCURRIDO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN			
Resistencia a la Penetración (RP)	Tiempo Transcurrido	Log(t)	Log (RP)
PSI (Lb/pulg <sup>2</sup> )	T(acum) min.		
58	195	2.290	1.763
288	235	2.371	2.459
353	275	2.439	2.548
615	315	2.498	2.789
1573	355	2.550	3.197
7097	475	2.677	3.851

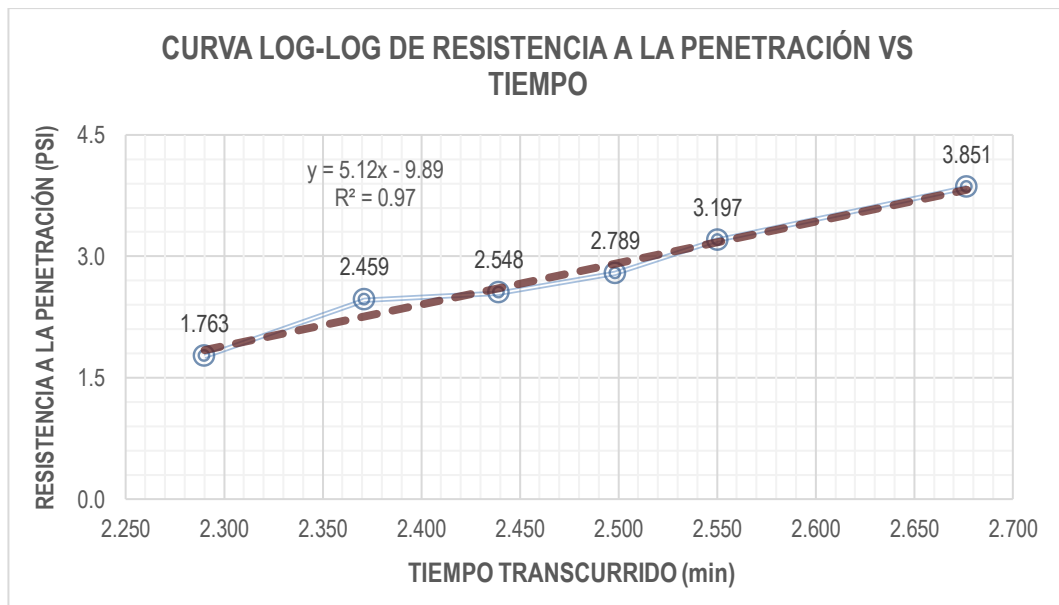
De la tabla 56 tenemos en la primera columna la resistencia del mortero a cada uno de las agujas en los tiempos acumulados de la segunda columna, en la tercera y cuarta columna se tiene los logaritmos de los valores de la primera y segunda columna respectivamente.

**Figura 42.** Curva Manual de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 42 se tiene la curva manual que describe la resistencia a la penetración con respecto del tiempo, observándose el incremento de 5524 psi en 120 min, para las últimas mediciones.

**Figura 43.** Curva Logarítmica de la Resistencia a la Penetración vs Tiempo – (+10%) A.f. - a/c:0.35.



La figura 43 grafica la resistencia a la penetración respecto del tiempo en escala logarítmica, el gráfico muestra la línea recta obtenida por análisis de regresión lineal, cuya ecuación de esta recta es:



$$Y = 5.12X - 9.89 \approx \log(RP) = 5.12 \log(t) - 9.89$$

Para calcular en tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se despeja "t" de la ecuación obteniendo lo siguiente.

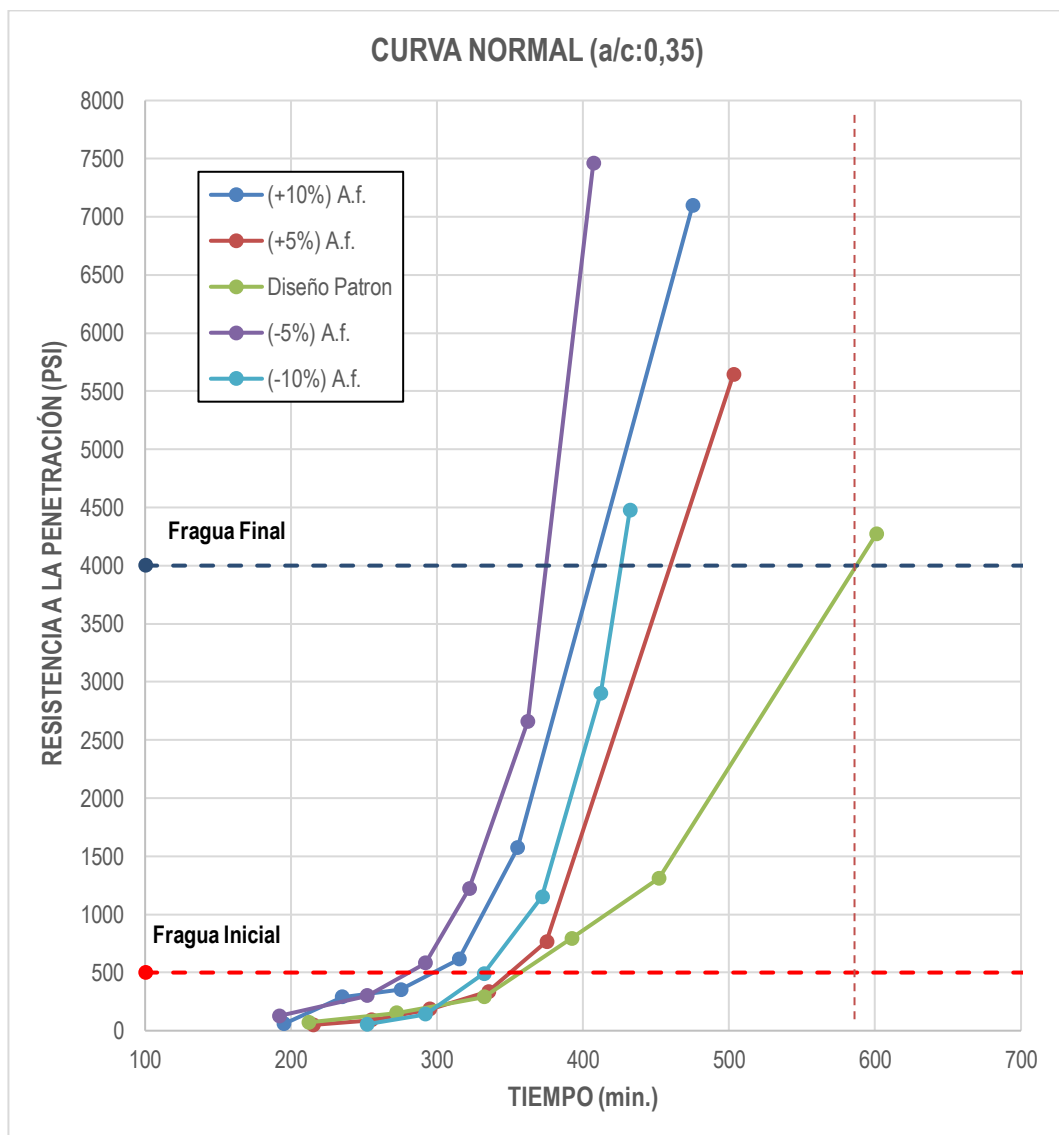
$$t = 10^{\frac{\log(RP)+9.89}{5.12}}$$

Teniendo para  $RP=500$  el tiempo de fraguado inicial y para  $RP=4000$  el tiempo de fraguado final; donde reemplazando y resolviendo se tiene los siguientes valores.

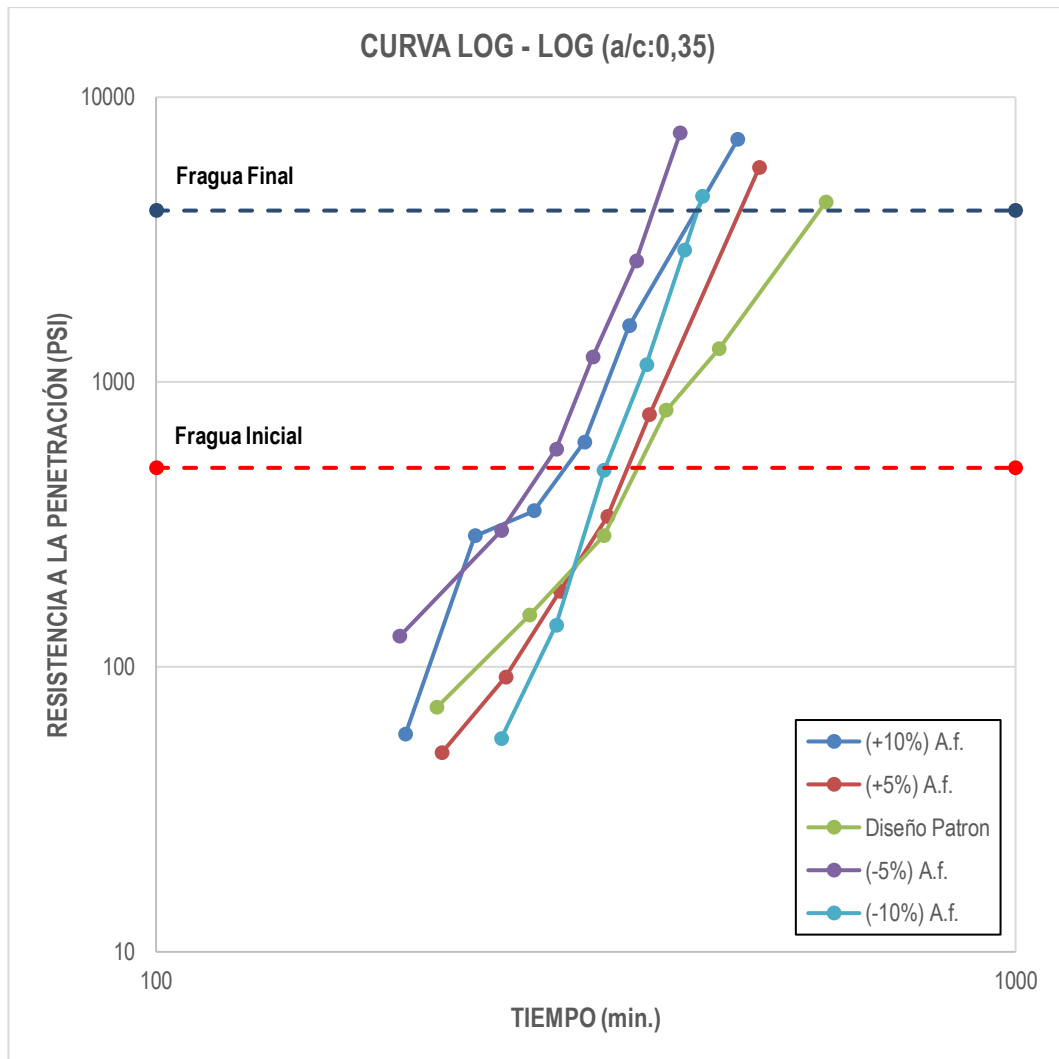
T. Fragua Inicial	04:51:04	H: min
T. Fraguado Final	07:30:49	H: min

## 5. RESUMEN

**Figura 44.** Curva Normal Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min.).



**Figura 45.** Curva Logarítmica Resistencia a la Penetración (PSI) vs Tiempo (min).



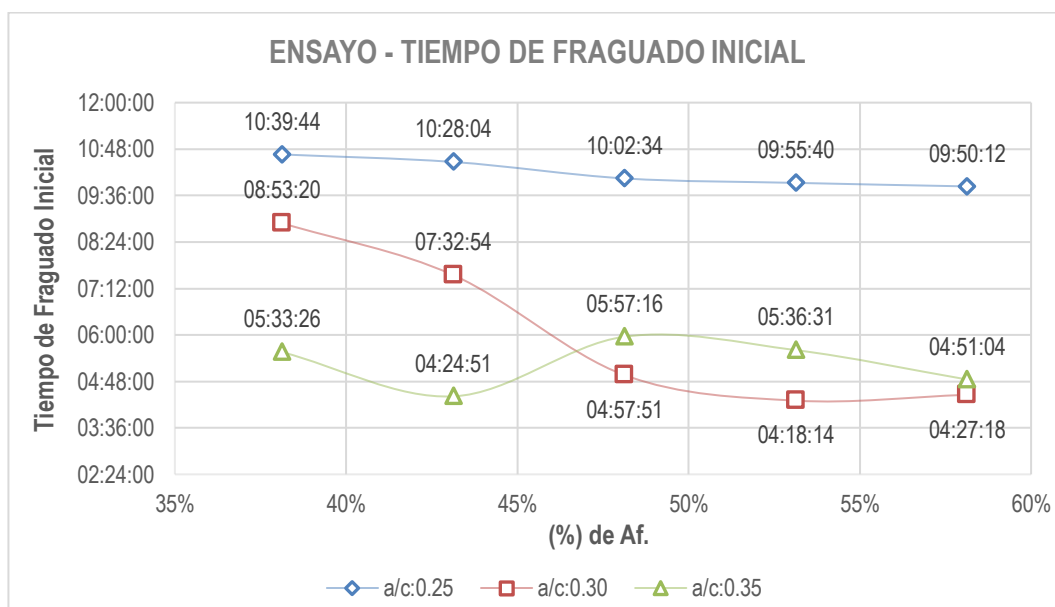
La figura 44 y la figura 45, grafican la distribución de los puntos obtenidos en ensayo de la resistencia a la penetración con respecto de tiempo en minutos, en curva manual y curva logarítmica, para el diseño patrón y sus variaciones en porcentaje de agregado fino; donde, en todas las variantes de agregado fino el fraguado inicial y fraguado final es menor con respecto al diseño patrón.

## RESUMEN DE RESULTADOS PARA EL TIEMPO DE FRAGUADO

**Tabla 57.** Tiempo de Fraguado Inicial - a/c:0.25, 0.30 y 0.35.

% de finos / a/c	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL (H:m)				
	38.13%	43.13%	48.13%	53.13%	58.13%
0.25	10:39:44	10:28:04	10:02:34	09:55:40	09:50:12
0.30	08:53:20	07:32:54	04:57:51	04:18:14	04:27:18
0.35	05:33:26	04:24:51	05:57:16	05:36:31	04:51:04

**Figura 46.** Curva Fraguado Inicial vs  $\Delta\%$  A.f.

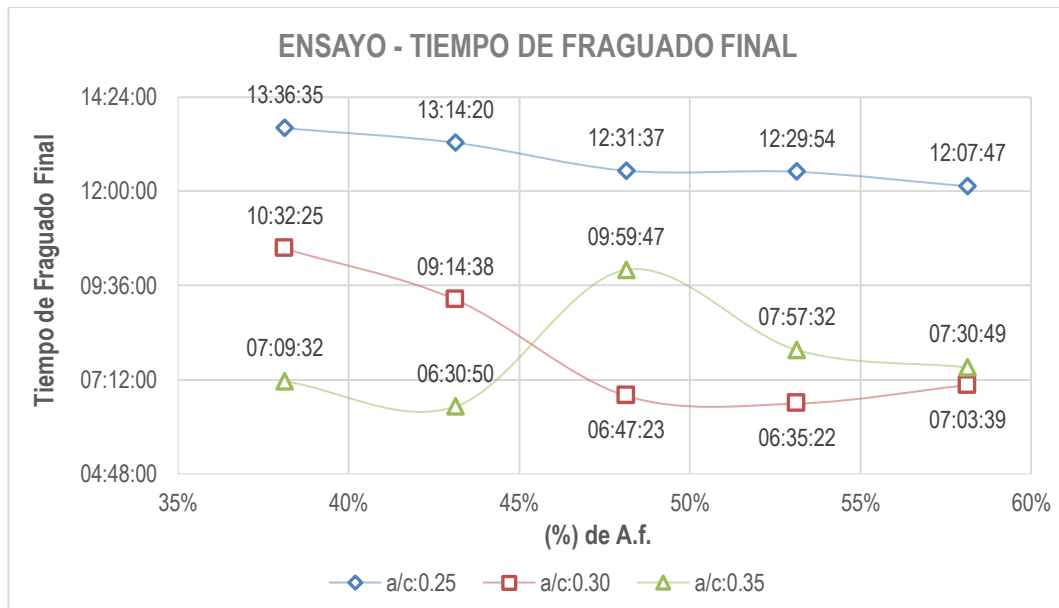


De la figura 46, el tiempo de fraguado inicial es mayor para un a/c:0.25, en todas las modificaciones realizadas, con respecto a las relaciones de a/c:0.30 y 0.35. Para reducciones en -5% y -10% del A.f., el tiempo de fraguado inicial, para 0.30 es mayor que 0.35, caso contrario cuando se modifica en +5% y +10% del A.f.

**Tabla 58.** Tiempo de Fraguado Final - a/c:0.25, 0.30 y 0.35.

% de finos / a/c	ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO FINAL (H:m)				
	38.13%	43.13%	48.13%	53.13%	58.13%
0.25	13:36:35	13:14:20	12:31:37	12:29:54	12:07:47
0.30	10:32:25	09:14:38	06:47:23	06:35:22	07:03:39
0.35	07:09:32	06:30:50	09:59:47	07:57:32	07:30:49

**Figura 47.** Curva Fraguado Final vs  $\Delta\%$  A.f.



De la figura 47, el tiempo de fraguado final es mayor para un a/c:0.25 en todas las modificaciones realizadas, con respecto a las relaciones de a/c:0.30 y 0.35. Para reducciones en -5% y -10% del A.f., el tiempo de fraguado final, para 0.30 es mayor que 0.35, caso contrario cuando se modifica en +5% y +10% del A.f.

## 5.2 ENSAYOS DEL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

Según datos obtenidos, de los ensayos realizados en laboratorio para la presente investigación, para los periodos de 7 días, 14 días y 28 días, se obtuvieron los siguientes resultados.

### 5.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.25.

Para los ensayos realizados en laboratorio se tuvieron 15 probetas, de las cuales se ensayaron 3 a los 7 días, 3 a los 14 días y 9 a los 28 días; tanto para el diseño patrón y para las variaciones del porcentaje de agregado fino (Ver Anexo Q). Teniendo como resultado los siguientes cuadros.

**Tabla 59.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ) - Diseño Patrón a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 Diseño Patrón	7	1	41003.0	509.8	532.2
		2	43447.0	531.7	
		3	45187.0	555.2	
	14	1	42973.3	558.3	584.4
		2	44262.8	569.2	
		3	48170.8	625.8	
	28	1	55100.0	701.6	642.0
		2	51350.0	660.4	
		3	51300.0	659.8	
		4	50200.0	645.6	
		5	49400.0	635.3	
		6	48850.0	628.2	
	7	48350.0	621.8		
	8	47500.0	610.9		
	9	47300.0	614.5		

**Tabla 60.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ) - (-10%) de A.f. - a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (- 10% de Agregado Fino)	7	1	47479.1	610.6	589.1
		2	45071.2	579.6	
		3	44876.2	577.1	
	14	1	41474.8	533.4	586.3
		2	47514.6	611.1	
		3	47776.6	614.4	
	28	1	49950.0	642.4	604.9
		2	49810.0	640.6	
		3	49400.0	641.8	
		4	47150.0	606.4	
		5	46400.0	596.7	
		6	45500.0	591.1	
	7	45150.0	580.7		
	8	45100.0	585.9		
	9	43450.0	558.8		

**Tabla 61.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (-5%) de A.f. - a/c:0.25.

Especimen	Días	N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (- 5% de Agregado Fino)	7	1	46807.1	596.0	600.8
		2	47191.4	600.9	
		3	47549.3	605.4	
	14	1	48484.6	617.3	628.3
		2	49666.5	626.1	
		3	50379.5	641.5	
	28	1	54850.0	698.4	644.6
		2	51450.0	661.7	
		3	51300.0	659.8	
		4	49860.0	641.2	
		5	49750.0	639.8	
		6	48800.0	627.6	
		7	48500.0	623.7	
		8	47350.0	609.0	
		9	49811.0	640.6	

**Tabla 62.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (+5%) de A.f. - a/c:0.25.

Especimen	Días	N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (+5% de Agregado Fino)	7	1	32776.0	425.8	495.4
		2	40158.0	511.3	
		3	42277.0	549.2	
	14	1	40950.0	526.6	574.0
		2	44780.0	575.9	
		3	48180.0	619.6	
	28	1	52200.0	671.3	641.9
		2	51516.0	662.5	
		3	51400.0	661.0	
		4	49950.0	642.4	
		5	49652.0	638.6	
		6	49200.0	632.7	
		7	48600.0	625.0	
		8	48523.0	624.0	
		9	48150.0	619.2	

**Tabla 63.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (+10%) de A.f. - a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (+10% de Agregado Fino)	7	1	34563.0	449.0	474.2
		2	35547.0	461.8	
		3	39791.0	511.7	
	14	1	38500.0	495.1	529.5
		2	39100.0	502.9	
		3	45450.0	590.4	
	28	1	51427.0	661.4	625.5
		2	50207.0	645.7	
		3	49328.0	634.4	
		4	49283.0	633.8	
		5	48668.0	625.9	
		6	48545.0	624.3	
		7	47680.0	613.2	
		8	46485.0	597.8	
		9	46138.0	593.4	

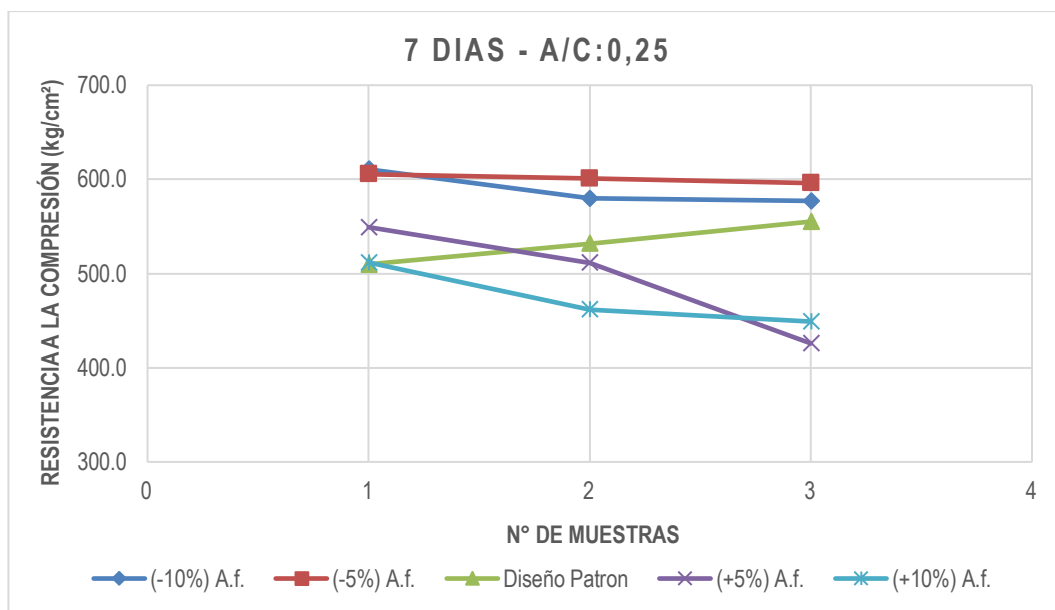
### 5.2.1.1 07 DIAS – CONCRETO A/C:0.25.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 7 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 64.** Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.25.

RELACIÓN	A/C: 0.25					
	ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
	1	610.6	605.4	509.8	549.2	511.7
	2	579.6	600.9	531.7	511.3	461.8
	3	577.1	596.0	555.2	425.8	449.0
	PROM.	589.1	600.8	532.2	495.4	474.2

**Figura 48.** Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.25.



La figura 48, grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la compresión, para variaciones de agregado fino en -5% y -10% son mayores que las del diseño patrón, caso contrario para +5 y +10%, donde no presenta tendencia definida.

### 5.2.1.2 14 DIAS – CONCRETO A/C:0.25.

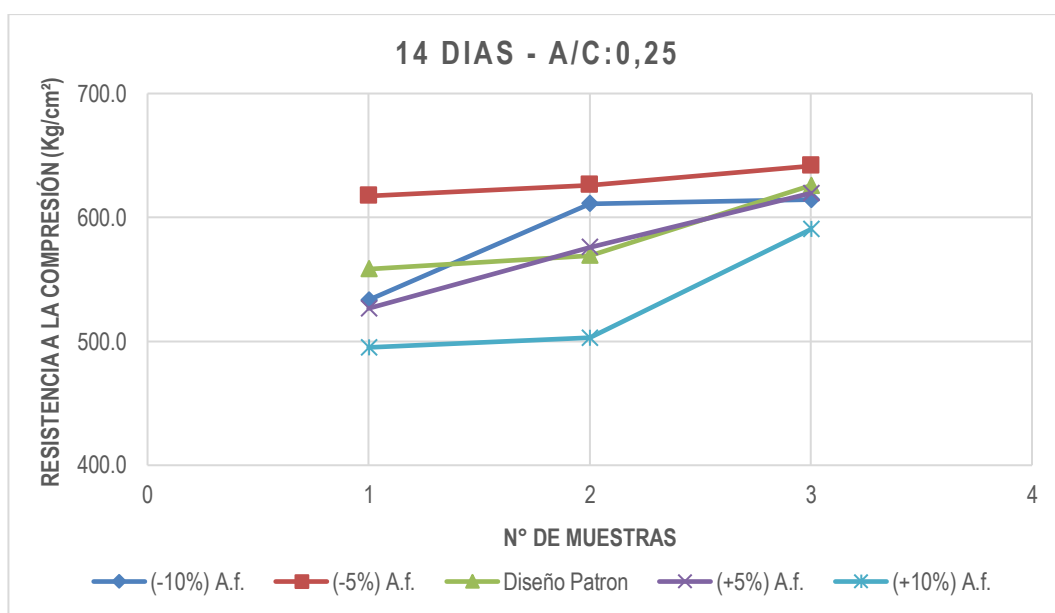
Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 14 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 65.** Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.25.

RELACIÓN	A/C: 0.25				
	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	533.4	617.3	558.3	526.6	495.1
2	611.1	626.1	569.2	575.9	502.9
3	614.4	641.5	625.8	619.6	590.4
PROM.	586.3	628.3	584.4	574.0	529.5



**Figura 49.** Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.25.



La figura 49, grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la compresión, para las dosificaciones de +5% y -10% no presentan tendencia definida en sus valores. Para +10% su valor disminuye, y para -5% aumenta, con respecto al diseño patrón.

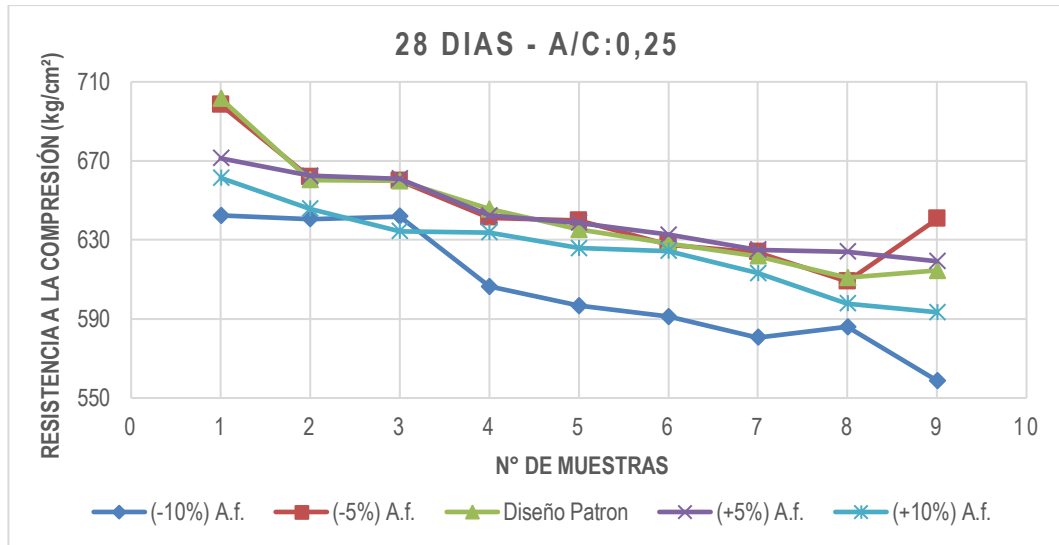
### 5.2.1.3 28 DIAS – CONCRETO A/C:0.25.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 28 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 66.** Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.25.

RELACIÓN	A/C: 0.25				
	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	642.4	698.4	701.6	671.3	661.4
2	640.6	661.7	660.4	662.5	645.7
3	641.8	659.8	659.8	661.0	634.4
4	606.4	641.2	645.6	642.4	633.8
5	596.7	639.8	635.3	638.6	625.9
6	591.1	627.6	628.2	632.7	624.3
7	580.7	623.7	621.8	625.0	613.2
8	585.9	609.0	610.9	624.0	597.8
9	558.8	640.6	614.5	619.2	593.4
PROM.	604.9	644.6	642.0	641.9	625.5

**Figura 50.** Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.25.

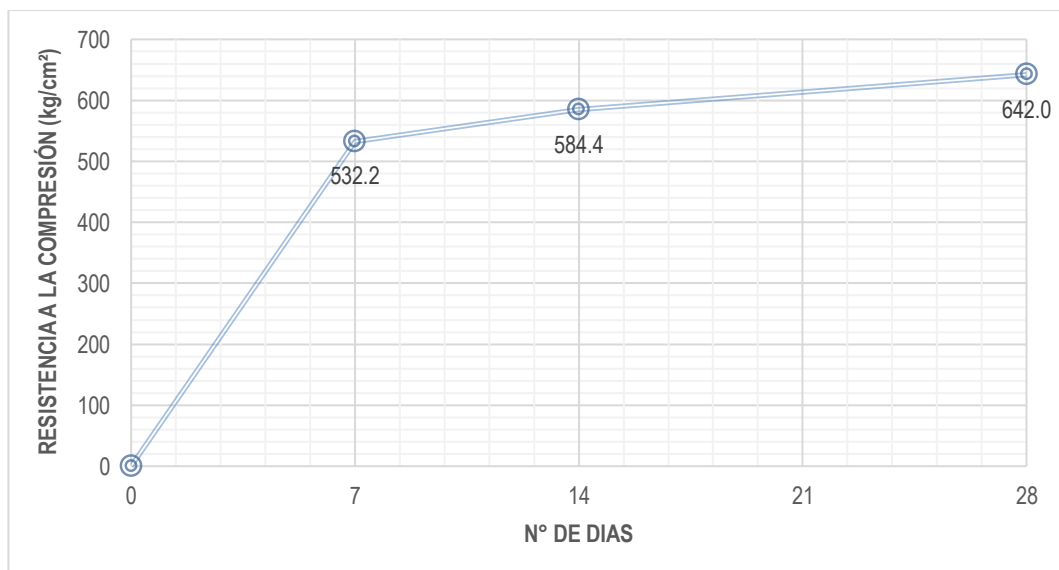


La figura 50, grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la compresión disminuye, para -10% y +10%, con respecto al diseño patrón.

#### 5.2.1.4 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN PARA UN A/C:0.25

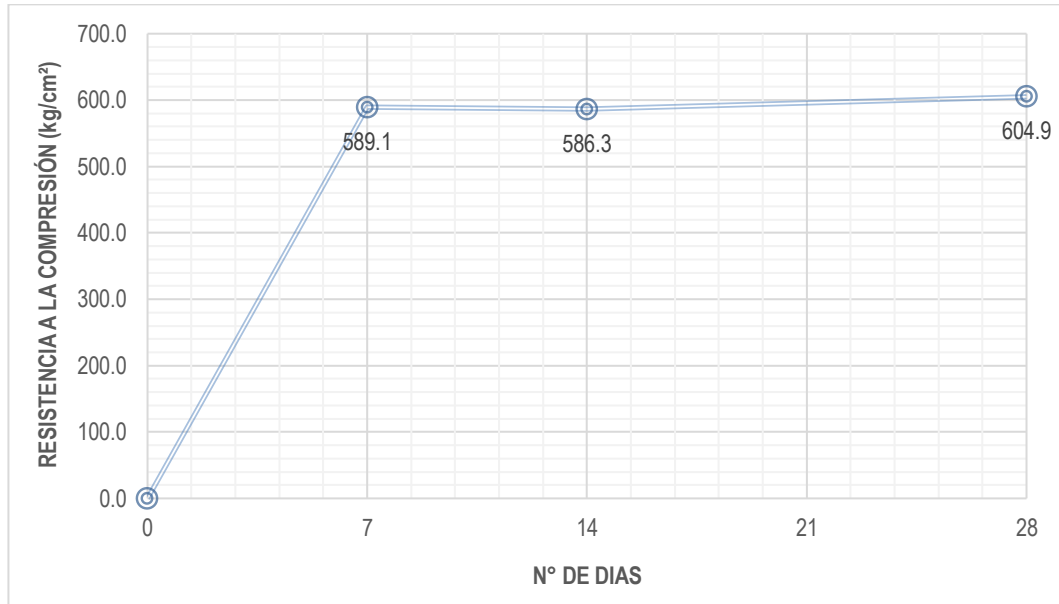
Graficando los valores promedios de la resistencia a la compresión de las tablas del 59 al 63 se tiene las siguientes figuras.

**Figura 51.** Variación de la Resistencia Promedio - Diseño Patrón - a/c:0.25.



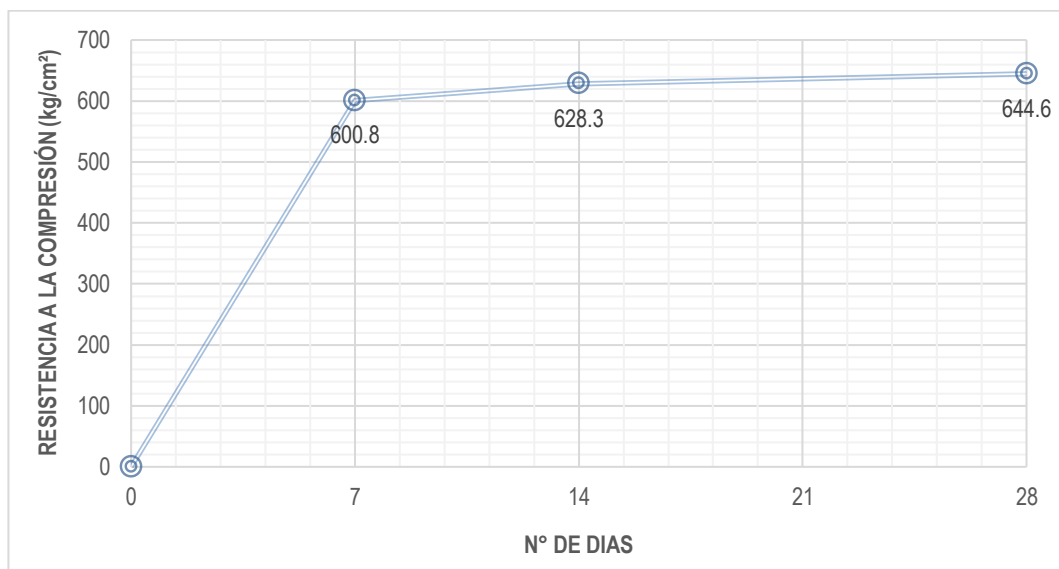
De la figura 51 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28 del diseño Patrón, los cuales muestra un ascenso constante de 532.2 a 584.4, hasta llegar a los 642.0 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 52.** Variación de la Resistencia Promedio - (-10%) A.f. - a/c:0.25.



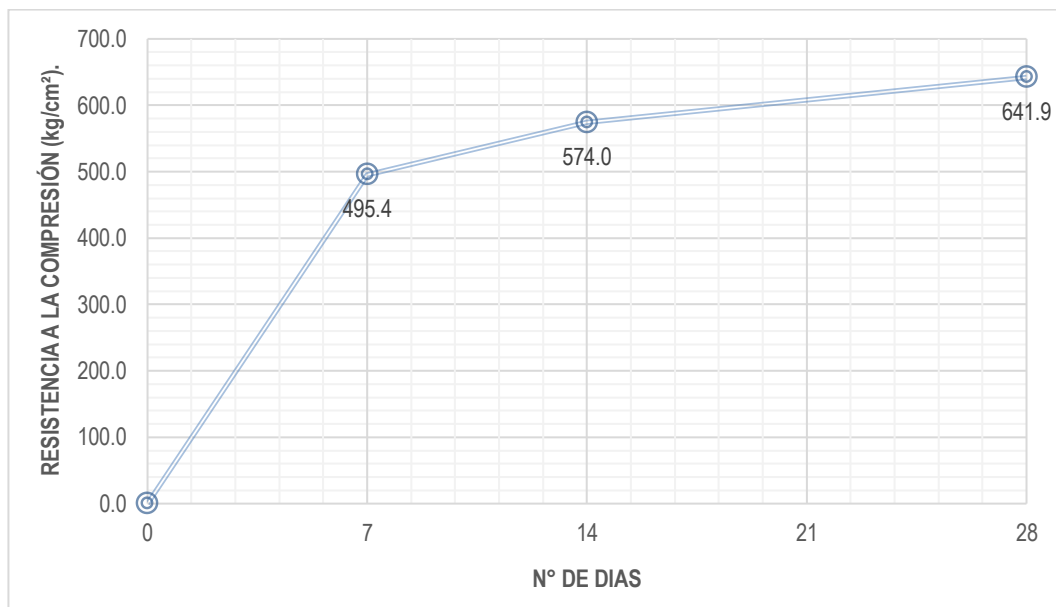
De la figura 53 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos, para una variación de -10% de A.f., el cual a los 7 días presenta 589.1 kg/cm<sup>2</sup>, pasando por 586.3 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y llegando al final a los 604.9 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 53.** Variación de la Resistencia Promedio - (-5%) A.f. - a/c:0.25.



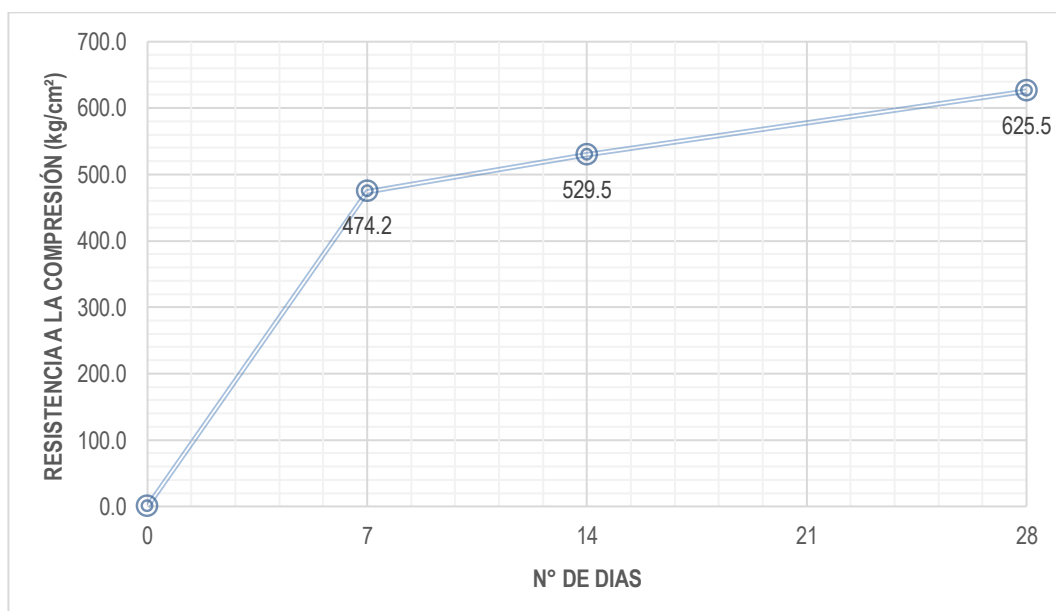
De la figura 52 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos para una variación de -5% de A.f., los cuales muestra un ascenso hasta llegar a los 644.6 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 54.** Variación de la Resistencia Promedio - (+5%) A.f. - a/c:0.25.



De la figura 54 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 495.4 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 574.0 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 641.9 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 55.** Variación de la Resistencia Promedio - (+10%) A.f. - a/c:0.25.



De la figura 55 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28, para una variación de +10% de A.f., el cual presenta 474.2 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 529.5 Kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 625.5 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### 5.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.30.

De los ensayos realizados, a los 7,14 y 28 días; se tienen los siguientes cuadros.

**Tabla 67.** Valores de Resistencia a la Compresión (f'c) - Diseño Patrón - a/c:0.30.

	Especímen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.30 Diseño Patrón	7		1	45800.0	583.1	594.2
			2	46300.0	589.5	
			3	47900.0	609.9	
	14		1	44300.0	569.7	587.1
			2	45850.0	589.7	
			3	46800.0	601.9	
	28		1	52950.0	681.0	650.8
			2	51400.0	661.0	
			3	51400.0	661.0	
			4	51271.0	659.4	
			5	50814.0	653.5	
			6	50200.0	645.6	
			7	49776.0	640.2	
			8	49010.0	630.3	
			9	48647.0	625.6	

**Tabla 68.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ) - (-10%) de A.f. - a/c:0.30.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.30 (- 10% de Agregado Fino)	7		1	38400.0	498.9	502.3
			2	38500.0	500.2	
			3	39100.0	507.9	
	14		1	37650.0	489.1	513.8
			2	39150.0	508.6	
			3	41850.0	543.7	
	28		1	50200.0	639.2	569.5
			2	46400.0	596.7	
			3	44800.0	576.2	
			4	43828.0	563.7	
			5	43760.0	562.8	
			6	43204.0	555.6	
			7	42568.0	547.5	
			8	42151.0	547.6	
			9	41286.0	536.3	

**Tabla 69.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ) - (-5%) de A.f. - a/c:0.30.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.30 (- 5% de Agregado Fino)	7		1	46200.0	588.2	604.8
			2	47000.0	598.4	
			3	49300.0	627.7	
	14		1	45480.0	584.9	611.0
			2	47600.0	612.2	
			3	49450.0	636.0	
	28		1	53800.0	691.9	621.7
			2	49670.0	638.8	
			3	49310.0	634.2	
			4	48375.0	622.1	
			5	48175.0	619.6	
			6	46827.0	602.2	
			7	46302.0	595.5	
			8	45969.0	597.2	
			9	45719.0	593.9	

**Tabla 70.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (+5%) de A.f. - a/c:0.30.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días					Prom.
Muestras Relación a/c:0.30 (+5% de Agregado Fino)	7		1	45300.0	576.8	602.7
			2	48100.0	612.4	
			3	48600.0	618.8	
	14		1	41000.0	532.6	572.2
			2	44750.0	581.3	
			3	46400.0	602.8	
	28		1	51200.0	658.5	622.3
			2	50524.0	649.8	
			3	50094.0	644.2	
			4	49600.0	637.9	
			5	48647.0	625.6	
			6	48452.0	623.1	
			7	46810.0	602.0	
			8	45638.0	592.9	
			9	43600.0	566.4	

**Tabla 71.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (+10%) de A.f. - a/c:0.30.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días					Prom.
Muestras Relación a/c:0.30 (+10% de Agregado Fino)	7		1	42150.0	536.7	529.9
			2	41250.0	525.2	
			3	41450.0	527.8	
	14		1	41150.0	529.2	532.0
			2	42150.0	542.1	
			3	40400.0	524.8	
	28		1	45228.0	581.7	536.2
			2	42374.0	545.0	
			3	42127.0	541.8	
			4	41389.0	532.3	
			5	40807.0	524.8	
			6	40723.0	523.7	
			7	40506.0	520.9	
			8	42225.0	548.5	
			9	39030.0	507.0	

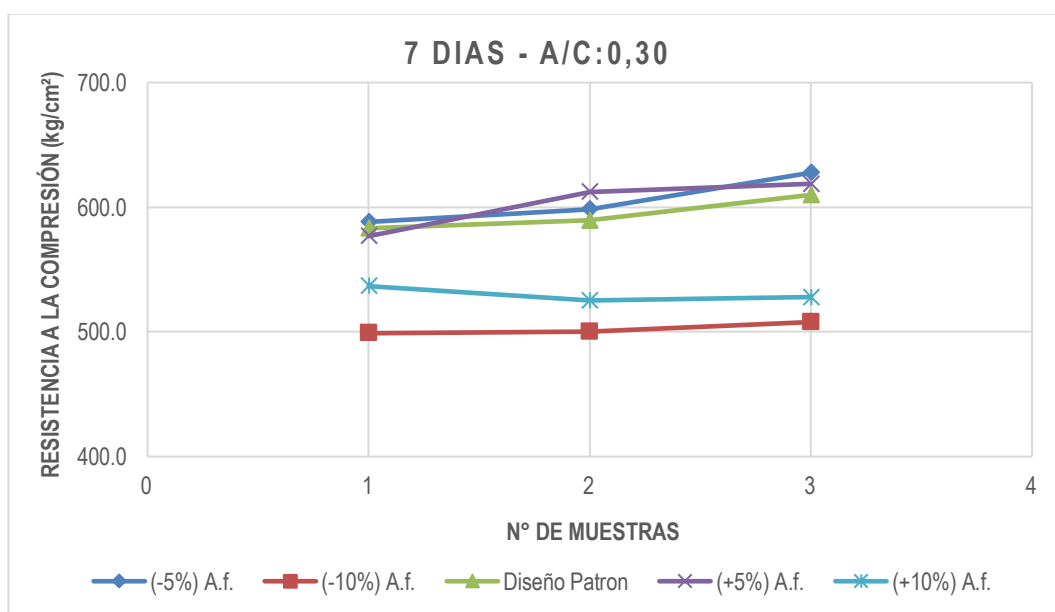
### 5.2.2.1 07 DIAS - CONCRETO A/C:0.30.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 7 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 72.** Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.30.

RELACIÓN		A/C: 0.30			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	498.9	588.2	583.1	576.8	536.7
2	500.2	598.4	589.5	612.4	525.2
3	507.9	627.7	609.9	618.8	527.8
PROM.	502.3	604.8	594.2	602.7	529.9

**Figura 56.** Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.30.



La figura 56 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la compresión disminuye, para una variación del +10% y -10% del A.f., caso contrario, donde presenta semejanza para variaciones de -5% y +5% con respecto al diseño patrón.



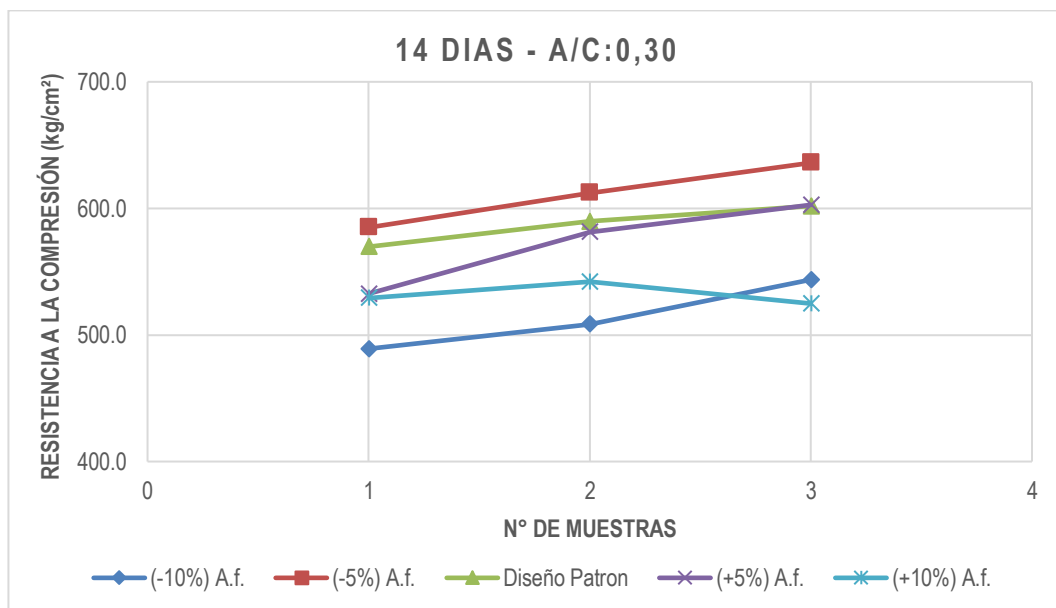
### 5.2.2.2 14 DIAS - CONCRETO A/C:0.30.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 14 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 73.** Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.30.

RELACIÓN	A/C: 0.30				
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	489.1	584.9	569.7	532.6	529.2
2	508.6	612.2	589.7	581.3	542.1
3	543.7	636.0	601.9	602.8	524.8
PROM.	513.8	611.0	587.1	572.2	532.0

**Figura 57.** Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.30.



La figura 57 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la compresión aumenta para una variación de -5% del A.f. y disminuye para los demás casos, con respecto al diseño patrón.

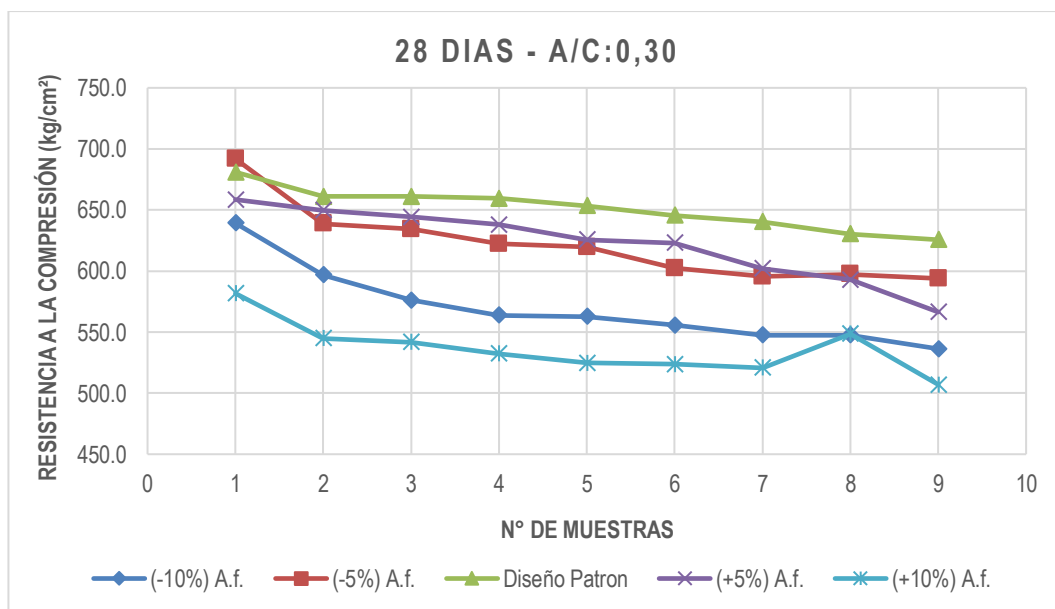
### 5.2.2.3 28 DIAS - CONCRETO A/C:0.30.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 28 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 74.** Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.30.

ITEM	A/C: 0.30				
	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	639.2	691.9	681.0	658.5	581.7
2	596.7	638.8	661.0	649.8	545.0
3	576.2	634.2	661.0	644.2	541.8
4	563.7	622.1	659.4	637.9	532.3
5	562.8	619.6	653.5	625.6	524.8
6	555.6	602.2	645.6	623.1	523.7
7	547.5	595.5	640.2	602.0	520.9
8	547.6	597.2	630.3	592.9	548.5
9	536.3	593.9	625.6	566.4	507.0
PROM.	569.5	621.7	650.8	622.3	536.2

**Figura 58.** Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.30.

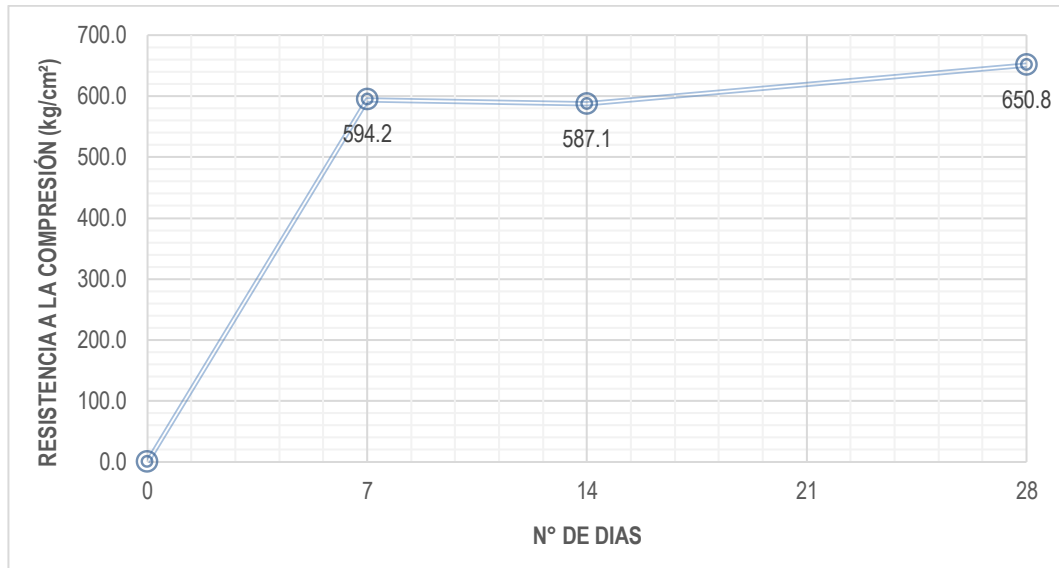


La figura 58 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a compresión disminuye en todos los casos con respecto al diseño patrón.

#### 5.2.2.4 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN PARA UN A/C:0.30

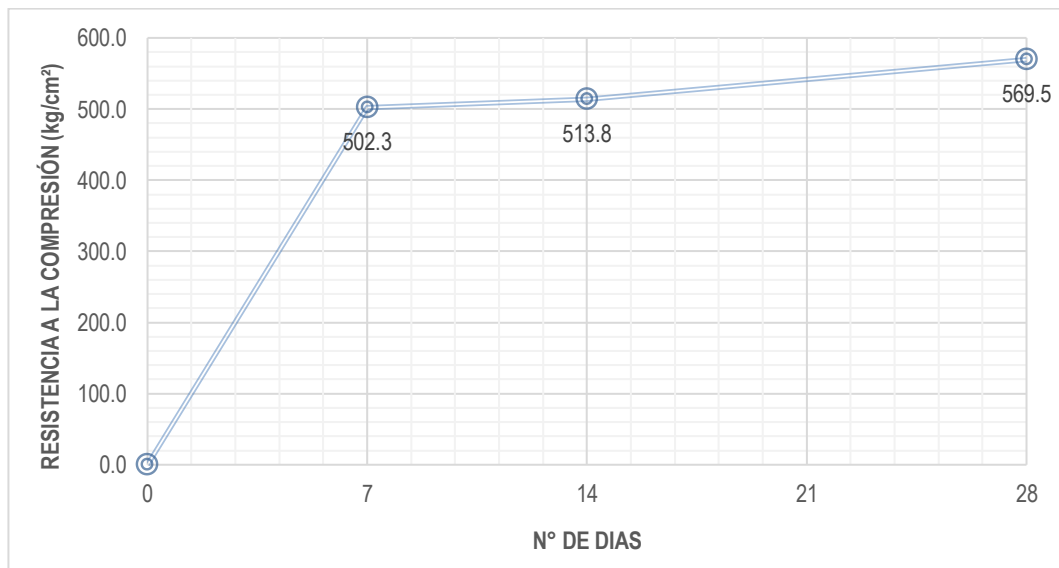
Donde los promedios de la resistencia a la compresión de las tablas del 67 al 71, se grafican en siguientes figuras, tanto para el diseño patrón y sus modificaciones en la cantidad de agregado fino.

**Figura 59.** Variación de la Resistencia Promedio - Diseño Patrón - a/c:0.30.



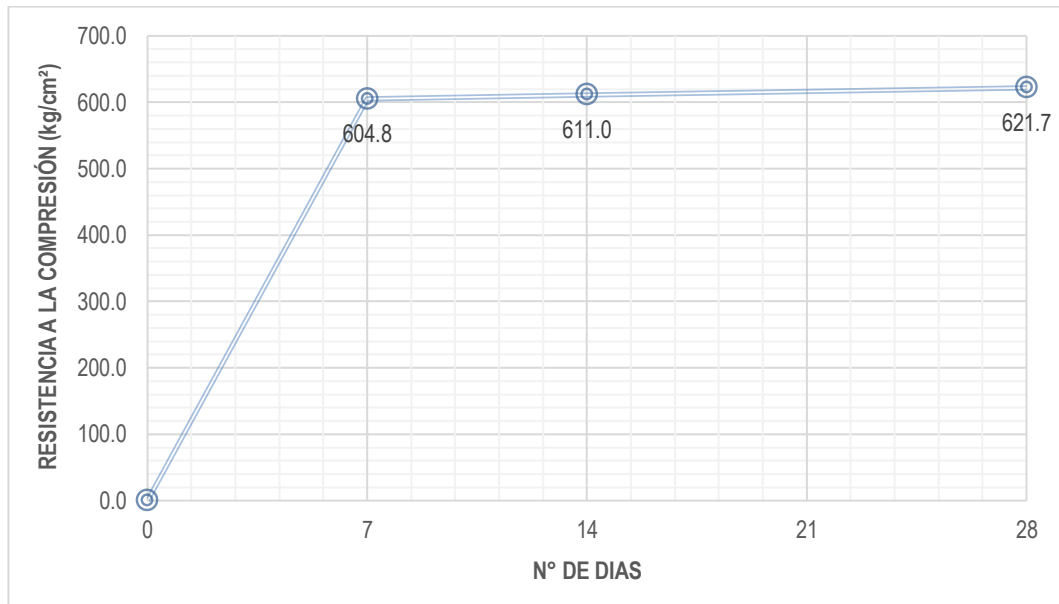
De la figura 59 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28, para el diseño patrón, el cual presenta 594.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 587.1 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 650.8 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 60.** Variación de la Resistencia Promedio - (-10%) A.f. - a/c:0.30.



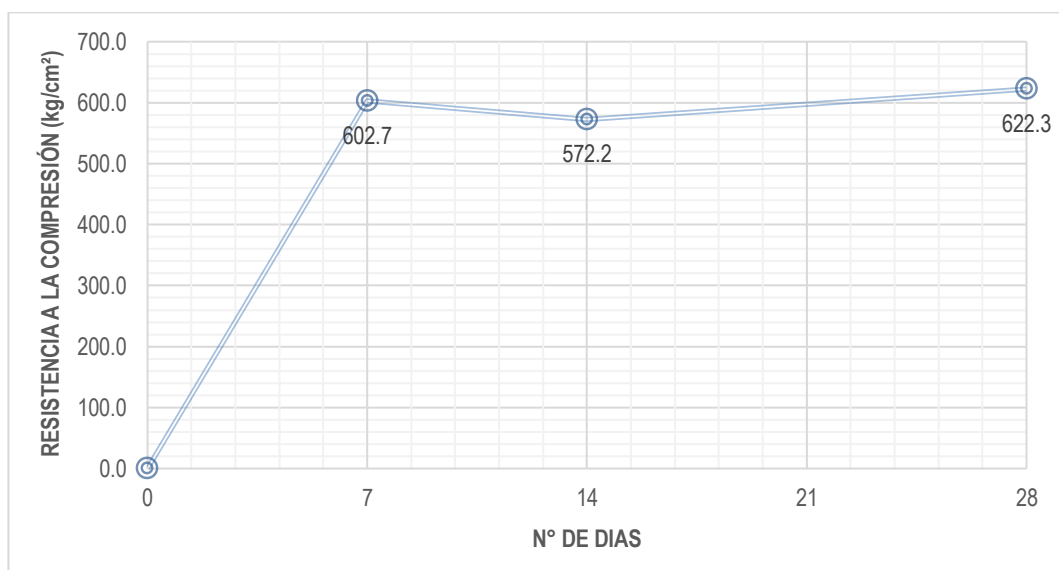
De la figura 60 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos, para una variación de -10% de A.f., el cual presenta 502.32 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 513.79 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 569.51 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 61.** Variación de la Resistencia Promedio - (-5%) A.f. - a/c:0.30.



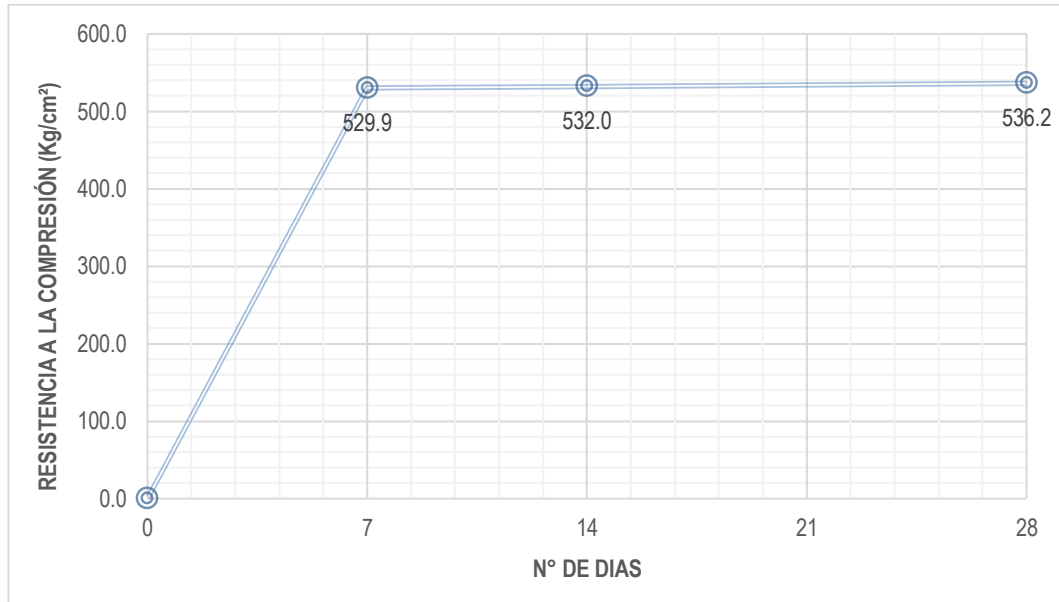
De la figura 61 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos, para una variación de -5% de A.f., el cual presenta 604.79 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 611.01 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 621.71 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 62.** Variación de la Resistencia Promedio - (+5%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 62 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 602.7 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 572.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 622.3 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 63.** Variación de la Resistencia Promedio - (+10%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 63 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 529.9 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 532.0 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 536.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### 5.2.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.35

De los ensayos realizados, a los 7,14 y 28 días; se tienen los siguientes cuadros.

**Tabla 75.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ) - Diseño Patrón -  $a/c:0.35$ .

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días					Prom.
Muestras Relación $a/c:0.35$ Diseño Patrón	7		1	31356.0	400.8	436.4
			2	34705.0	443.7	
			3	36363.0	464.8	
	14		1	34862.0	452.9	483.3
			2	38023.0	489.0	
			3	39103.0	508.0	
	28		1	47570.0	618.0	566.0
			2	45080.0	585.6	
			3	44436.0	577.3	
			4	43865.0	569.8	
			5	43699.0	567.7	
			6	42927.0	557.7	
			7	42408.0	550.9	
			8	41745.0	542.3	
			9	40390.0	524.7	

**Tabla 76.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ) - (-10%) de A.f. -  $a/c:0.35$ .

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días					Prom.
Muestras Relación $a/c:0.35$ (- 10% de Agregado Fino)	7		1	27354.0	348.3	386.5
			2	28637.0	364.6	
			3	35079.0	446.6	
	14		1	27565.0	358.1	384.3
			2	30106.0	391.1	
			3	31084.0	403.8	
	28		1	37200.0	483.3	450.2
			2	36800.0	478.1	
			3	35400.0	459.9	
			4	35050.0	455.3	
			5	33950.0	441.0	
			6	33800.0	439.1	
			7	33800.0	439.1	
			8	33200.0	431.3	
			9	32726.0	425.1	

**Tabla 77.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (-5%) de A.f. - a/c:0.35.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.35 (- 5% de Agregado Fino)	7		1	35232.0	457.7	488.6
			2	37694.0	489.7	
			3	39910.0	518.5	
	14		1	38820.0	504.3	517.8
			2	40089.0	520.8	
			3	40670.0	528.3	
	28		1	46200.0	600.2	575.0
			2	46150.0	599.5	
			3	45400.0	589.8	
			4	44200.0	574.2	
			5	44150.0	573.5	
			6	43200.0	561.2	
		7	43150.0	560.6		
		8	42963.0	558.1		
		9	42914.0	557.5		

**Tabla 78.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (+5%) de A.f. - a/c:0.35.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.35 (+ 5% de Agregado Fino)	7		1	28020.0	358.2	400.4
			2	30205.0	388.5	
			3	35549.0	454.4	
	14		1	34466.0	447.7	468.5
			2	37558.0	483.0	
			3	38030.0	474.7	
	28		1	43526.0	565.4	532.2
			2	42624.0	553.7	
			3	42580.0	553.2	
			4	42142.0	547.5	
			5	41967.0	545.2	
			6	41702.0	541.7	
		7	39907.0	518.4		
		8	37179.0	483.0		
		9	37102.0	482.0		

**Tabla 79.** Valores de Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ) - (+10%) de A.f. - a/c:0.35.

Especimen	Días	N	KG-F	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.35 (+10% de Agregado Fino)	7	1	26302.0	341.7	393.5
		2	30638.0	394.0	
		3	34235.0	444.7	
	14	1	34565.0	444.5	469.2
		2	37106.0	476.3	
		3	38084.0	486.8	
	28	1	41840.0	534.9	512.5
		2	41013.0	524.3	
		3	40952.0	523.5	
		4	40929.0	523.2	
		5	40419.0	516.7	
		6	40050.0	512.0	
		7	39389.0	503.5	
		8	38904.0	497.3	
		9	37341.0	477.3	

### 5.2.3.1 07 DIAS – CONCRETO A/C:0.35.

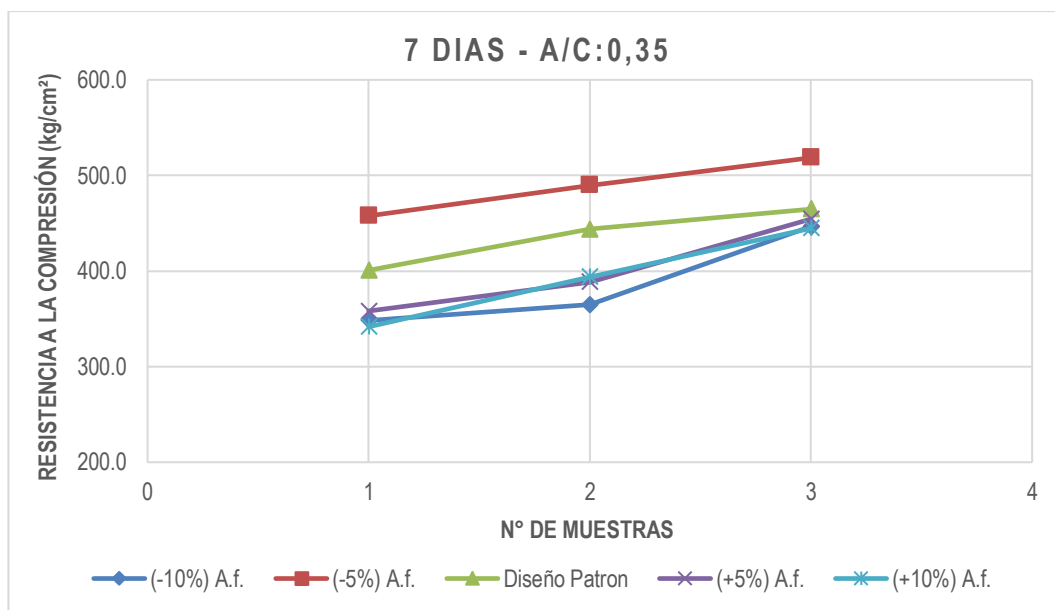
Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 7 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 80.** Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.35.

RELACIÓN	A/C: 0.35				
	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	348.3	457.7	400.8	358.2	341.7
2	364.6	489.7	443.7	388.5	394.0
3	446.6	518.5	464.8	454.4	444.7
PROM.	386.5	488.6	436.4	400.4	393.5



**Figura 64.** Resistencia a la Compresión a los 07 Días. - a/c:0.35.



La figura 64 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde aumenta la resistencia a la compresión para una variación del -5% de A.f., caso contrario para las demás modificaciones, con respecto al diseño patrón.

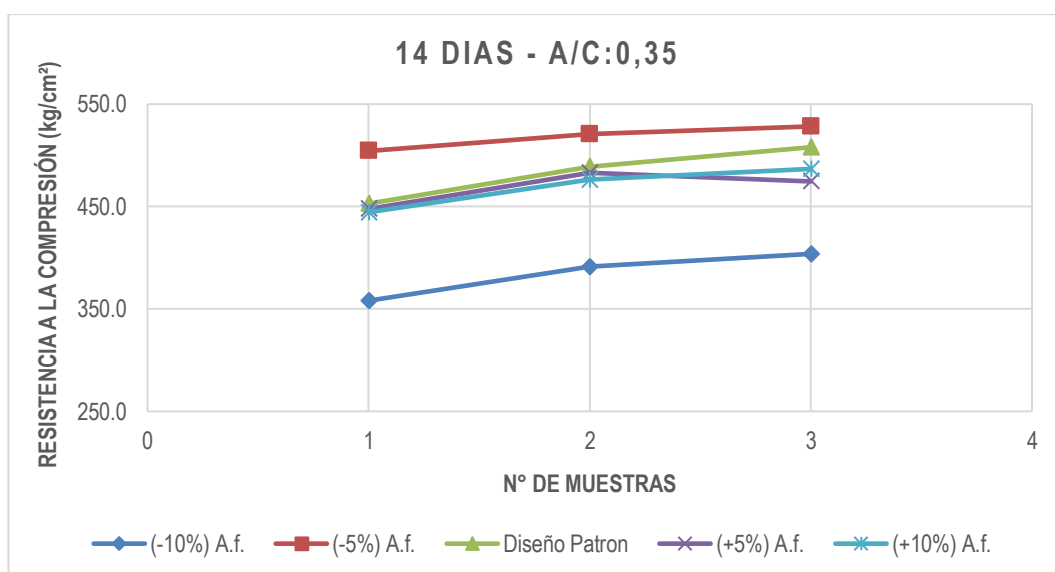
### 5.2.3.2 14 DIAS – CONCRETO A/C:0.35.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 14 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 81.** Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.35.

RELACIÓN	A/C: 0.35				
	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	358.1	504.3	452.9	447.7	444.5
2	391.1	520.8	489.0	483.0	476.3
3	403.8	528.3	508.0	474.7	486.8
PROM.	384.3	517.8	483.3	468.5	469.2

**Figura 65.** Resistencia a la Compresión a los 14 Días. - a/c:0.35.



La figura 65 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde aumenta la resistencia a la compresión para una variación de -5% del A.f., caso contrario para los demás casos, con respecto al diseño patrón.

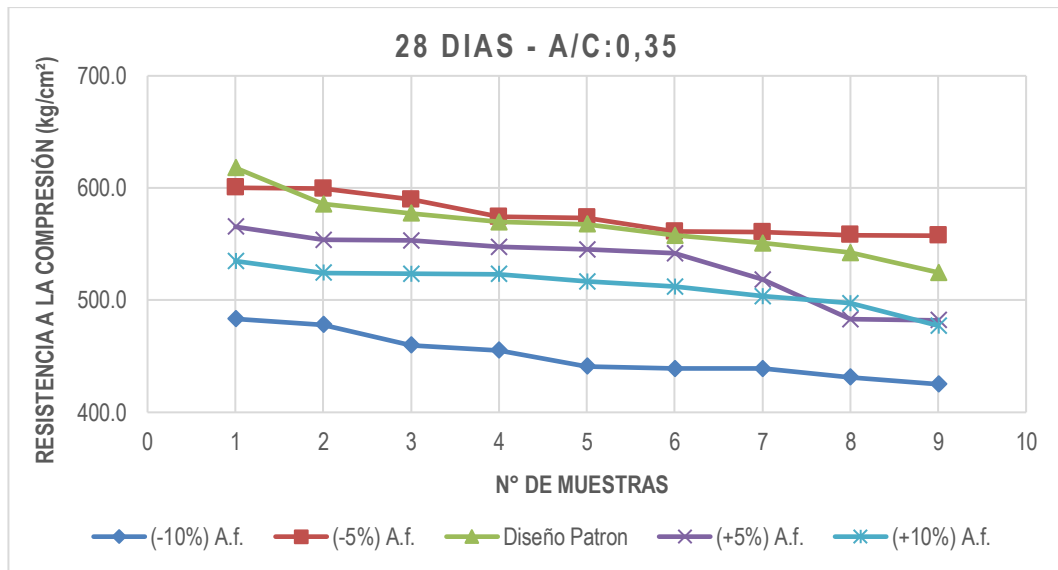
### 5.2.3.3 28 DIAS – CONCRETO A/C:0.35.

Se tomaron los valores de la resistencia a la compresión, de las muestras, correspondiente a los 28 días de curado, de cada una de las variaciones, teniendo lo siguiente.

**Tabla 82.** Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.35.

RELACIÓN	A/C: 0.35				
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	483.3	600.2	618.0	565.4	534.9
2	478.1	599.5	585.6	553.7	524.3
3	459.9	589.8	577.3	553.2	523.5
4	455.3	574.2	569.8	547.5	523.2
5	441.0	573.5	567.7	545.2	516.7
6	439.1	561.2	557.7	541.7	512.0
7	439.1	560.6	550.9	518.4	503.5
8	431.3	558.1	542.3	483.0	497.3
9	425.1	557.5	524.7	482.0	477.3
PROM.	450.2	575.0	566.0	532.2	512.5

**Figura 66.** Resistencia a la Compresión a los 28 Días. - a/c:0.35.

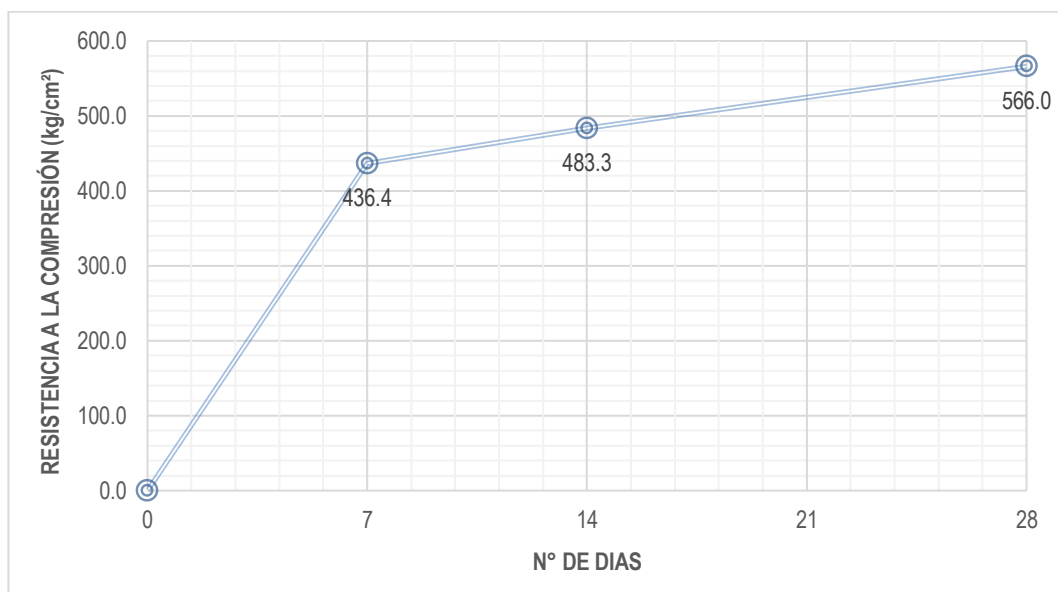


La figura 66 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde presenta similares valores, para una variación del -5% del A.f. y disminuye para los demás casos, con respecto al diseño patrón.

#### 5.2.3.4 VARIACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN PARA UN A/C:0.35.

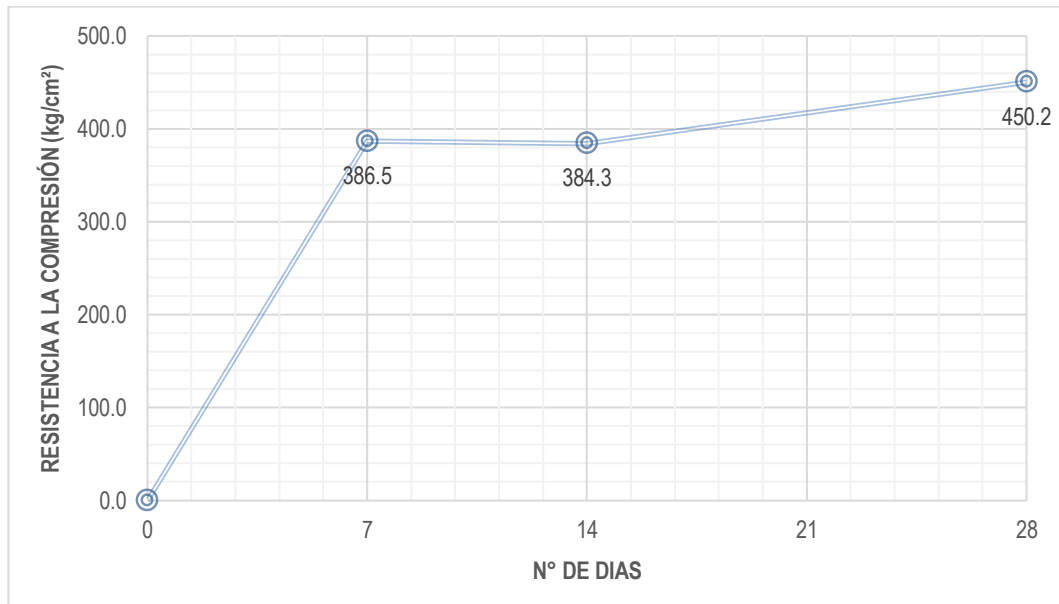
Donde los promedios de la resistencia a la compresión de las tablas del 75 al 79, se grafican en siguientes figuras, tanto para el diseño patrón y sus modificaciones en la cantidad de agregado fino.

**Figura 67.** Variación de la Resistencia Promedio - Diseño Patrón - a/c:0.35.



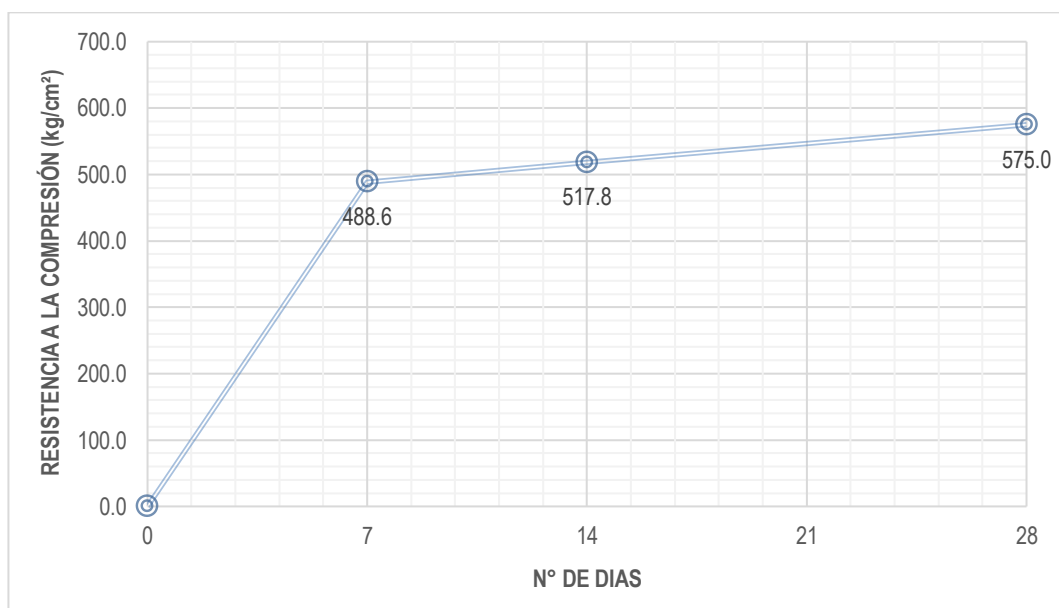
De la figura 67 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28, para el diseño patrón, el cual presenta 436.45 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 439.99 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 566.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 68.** Variación de la Resistencia Promedio - (-10%) A.f. - a/c:0.35.



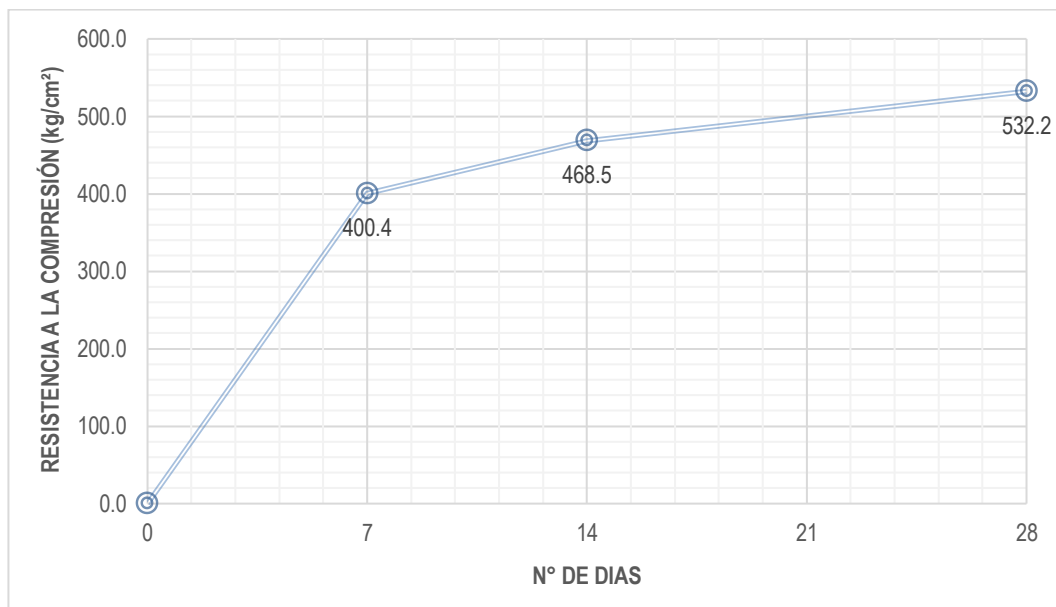
De la figura 68 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -10% de A.f., el cual presenta 386.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 384.3 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 450.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 69.** Variación de la Resistencia Promedio - (-5%) A.f. - a/c:0.35.



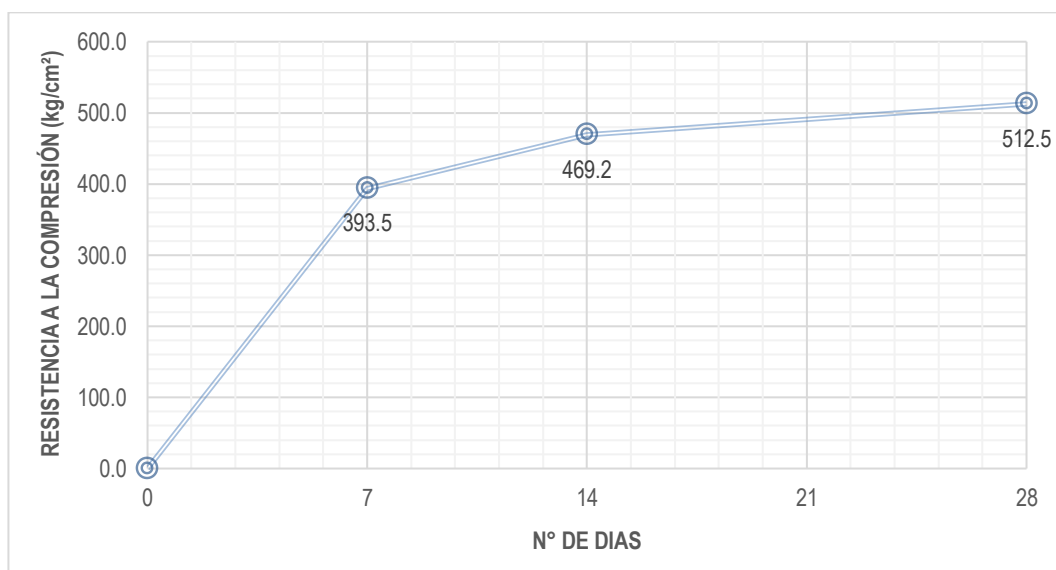
De la figura 69 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -5% de A.f., el cual presenta 488.6 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 517.8 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 575.0 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 70.** Variación de la Resistencia Promedio - (+5%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 70 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 400.4 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 468.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 532.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 71.** Variación de la Resistencia Promedio - (+10%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 71 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +10% de A.f., el cual presenta 393.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 469.2 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 512.5 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

#### 5.2.4 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.25

Este ensayo es normado de acuerdo a las recomendaciones descritas en la NTP 339.08, el cual se realizó en laboratorio (Ver Anexo R).; el cual es utilizado para evaluar la resistencia al corte del concreto.

Se realizaron 3 ensayos a los 7 días, 3 a los 14 días y 9 a los 28 días, teniendo como resultado los siguientes cuadros.

**Tabla 83.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - Diseño Patrón - a/c:0.25.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.25 Diseño Patrón	7		1	15298.0	47.1	52.7
			2	17087.0	54.7	
			3	18211.0	56.3	
	14		1	16055.0	50.6	51.7
			2	16088.0	51.5	
			3	16513.0	53.1	
	28		1	15345.0	47.9	41.9
			2	14887.0	46.7	
			3	14480.0	45.0	
			4	14463.0	45.6	
			5	13912.0	44.1	
			6	12758.0	39.4	
	7	12292.0	38.1			
	8	12247.0	38.3			
	9	10174.0	32.1			

**Tabla 84.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-10%) de A.f. - a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (- 10% de Agregado Fino)	7	1	14810.0	47.1	50.8
		2	15996.0	50.4	
		3	17778.0	54.9	
	14	1	14810.9	46.0	51.1
		2	16325.7	50.5	
		3	18028.2	56.8	
	28	1	14940.0	46.4	40.7
		2	14442.0	44.6	
		3	13795.0	43.1	
		4	13198.0	41.0	
		5	12995.0	40.6	
		6	12782.0	40.3	
		7	12435.0	39.0	
		8	12386.0	39.2	
		9	10114.0	31.9	

**Tabla 85.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-5%) de A.f. - a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (- 5% de Agregado Fino)	7	1	15287.3	46.9	51.4
		2	15736.8	48.8	
		3	19079.5	58.4	
	14	1	13630.0	39.6	46.1
		2	15251.6	48.1	
		3	16345.0	50.5	
	28	1	14421.0	44.8	38.7
		2	13740.0	42.3	
		3	12869.0	39.8	
		4	12501.0	39.2	
		5	12016.0	37.2	
		6	11973.0	37.6	
		7	11754.0	36.7	
		8	11434.0	35.3	
		9	11366.0	35.0	

**Tabla 86.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+5%) de A.f. - a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (+5% de Agregado Fino)	7	1	12361.0	38.3	43.4
		2	13930.0	43.3	
		3	15590.0	48.5	
	14	1	13095.0	40.7	42.9
		2	13744.0	42.9	
		3	14394.0	45.1	
	28	1	21315.0	67.2	49.9
		2	17783.0	56.0	
		3	15991.0	50.4	
		4	15743.0	49.6	
		5	15487.0	48.8	
		6	15301.0	48.2	
	7	13794.0	43.5		
	8	13594.0	42.8		
	9	13570.0	42.8		

**Tabla 87.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+10%) de A.f. - a/c:0.25.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.25 (+10% de Agregado Fino)	7	1	11480.0	36.0	38.8
		2	12060.0	37.6	
		3	13608.0	42.7	
	14	1	11914.0	37.4	41.8
		2	13421.0	42.3	
		3	14449.0	45.8	
	28	1	17247.0	54.4	46.5
		2	16257.0	51.2	
		3	16094.0	50.7	
		4	15253.0	48.1	
		5	14714.0	46.4	
		6	14543.0	45.8	
	7	14395.0	45.4		
	8	12215.0	38.5		
	9	11932.0	37.6		



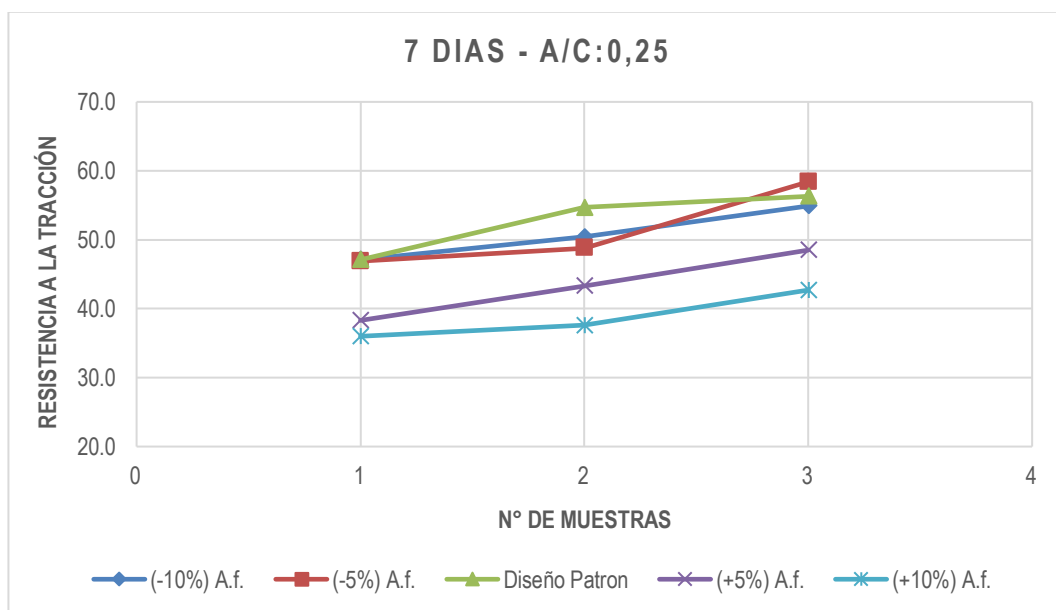
### 5.2.4.1 07 DIAS - CONCRETO A/C:0.25.

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 7 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 88.** Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.25.

RELACIÓN		A/C: 0.25			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	47.1	46.9	47.1	38.3	36.0
2	50.4	48.8	54.7	43.3	37.6
3	54.9	58.4	56.3	48.5	42.7
PROM.	50.8	51.4	52.7	43.4	38.8

**Figura 72.** Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.25.



La figura 72 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la tracción para todos los casos es menor que la del diseño patrón.

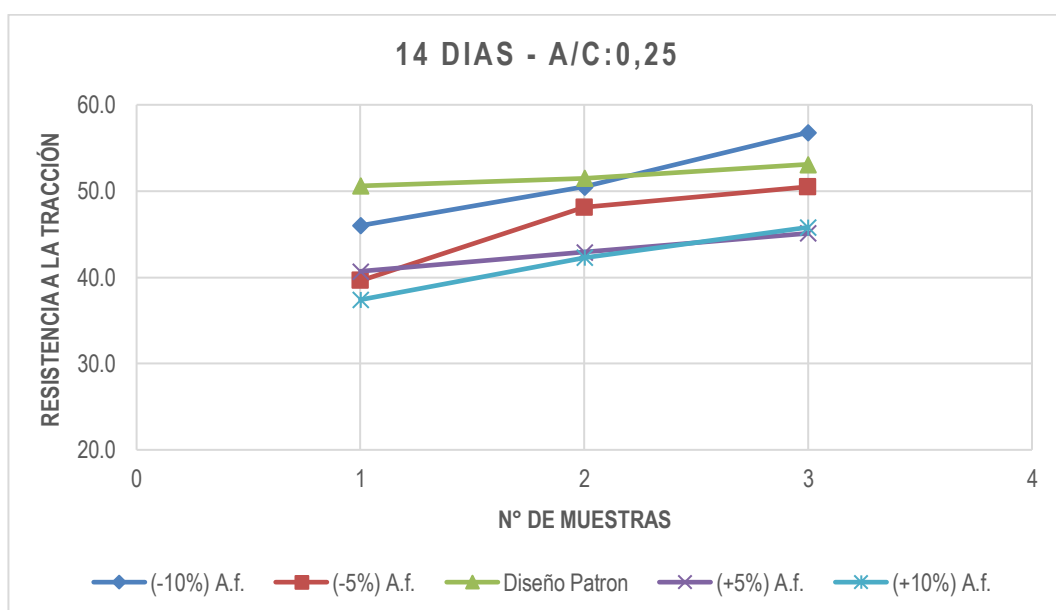
### 5.2.4.2 14 DIAS - CONCRETO A/C:0.25

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 14 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 89.** Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.25.

RELACIÓN	A/C: 0.25				
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	46.0	39.6	50.6	40.7	37.4
2	50.5	48.1	51.5	42.9	42.3
3	56.8	50.5	53.1	45.1	45.8
PROM.	51.1	46.1	51.7	42.9	41.8

**Figura 73.** Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.25.



La figura 73 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la tracción para +10% y +5% de A.f. presentan menor resistencia, que las variaciones de -5% y -10% de A.f. pero menores que la del diseño patrón.

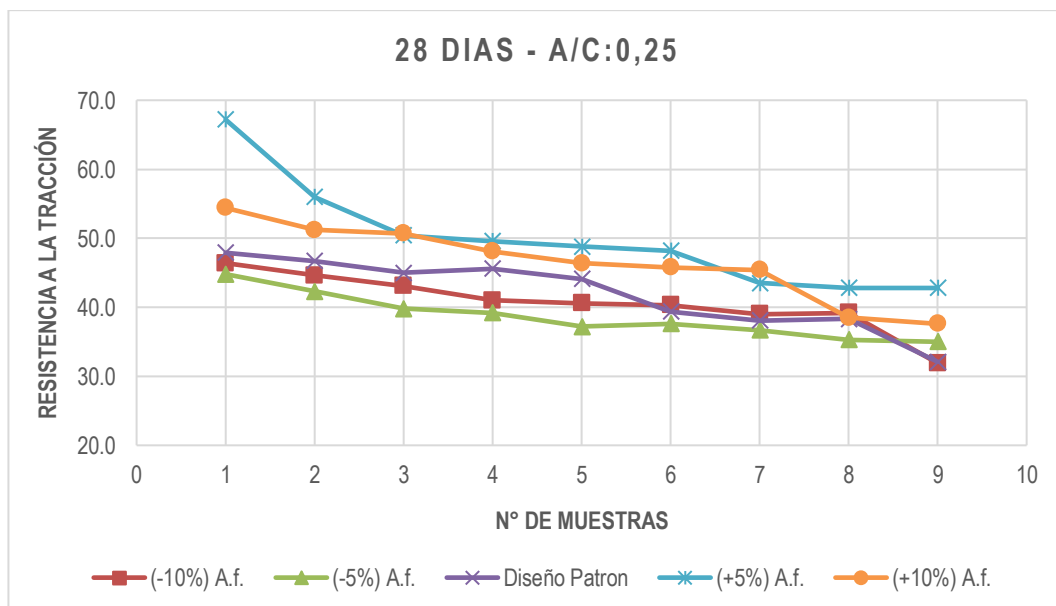
#### 5.2.4.3 28 DIAS - CONCRETO A/C:0.25

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 28 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 90.** Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.25.

RELACIÓN		A/C: 0.25			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	46.4	44.8	47.9	67.2	54.4
2	44.6	42.3	46.7	56.0	51.2
3	43.1	39.8	45.0	50.4	50.7
4	41.0	39.2	45.6	49.6	48.1
5	40.6	37.2	44.1	48.8	46.4
6	40.3	37.6	39.4	48.2	45.8
7	39.0	36.7	38.1	43.5	45.4
8	39.2	35.3	38.3	42.8	38.5
9	31.9	35.0	32.1	42.8	37.6
PROM.	40.7	38.7	41.9	49.9	46.5

**Figura 74.** Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.25.

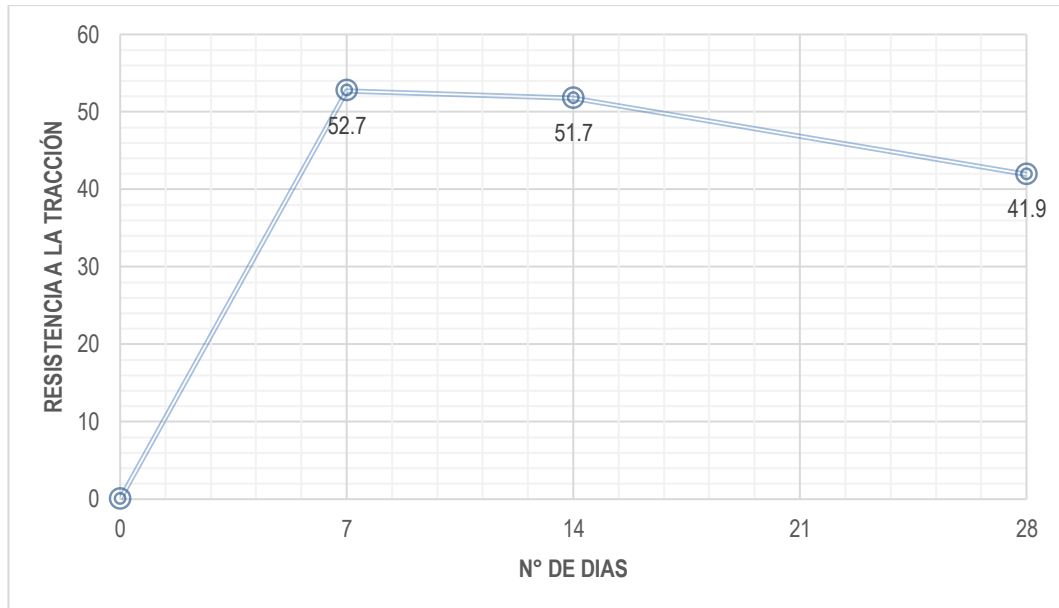


La figura 74 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde se observa una mayor resistencia a la tracción generada para una variación en +5% y +10% de A.f., que la generada por -5% y -10% de A.f.; pero todos estos, mayores que la generada por el diseño patrón.

#### 5.2.4.4 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA TRACCIÓN PARA UN A/C:0.25

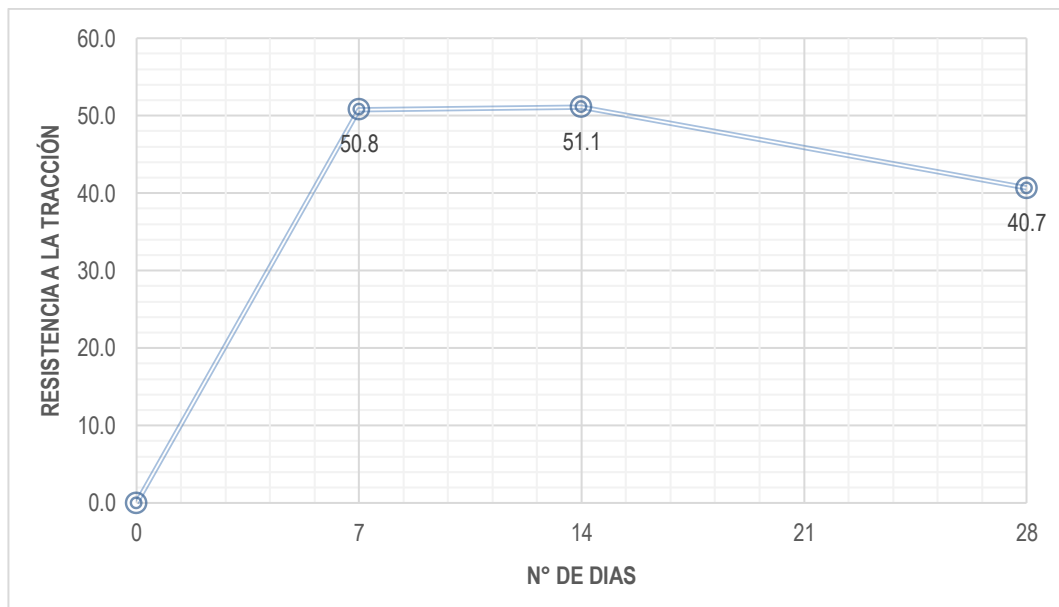
Graficando los valores promedios de la resistencia a la tracción, de las tablas del 83 al 87, se tiene las siguientes figuras.

**Figura 75.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - Diseño Patrón - a/c:0.25.



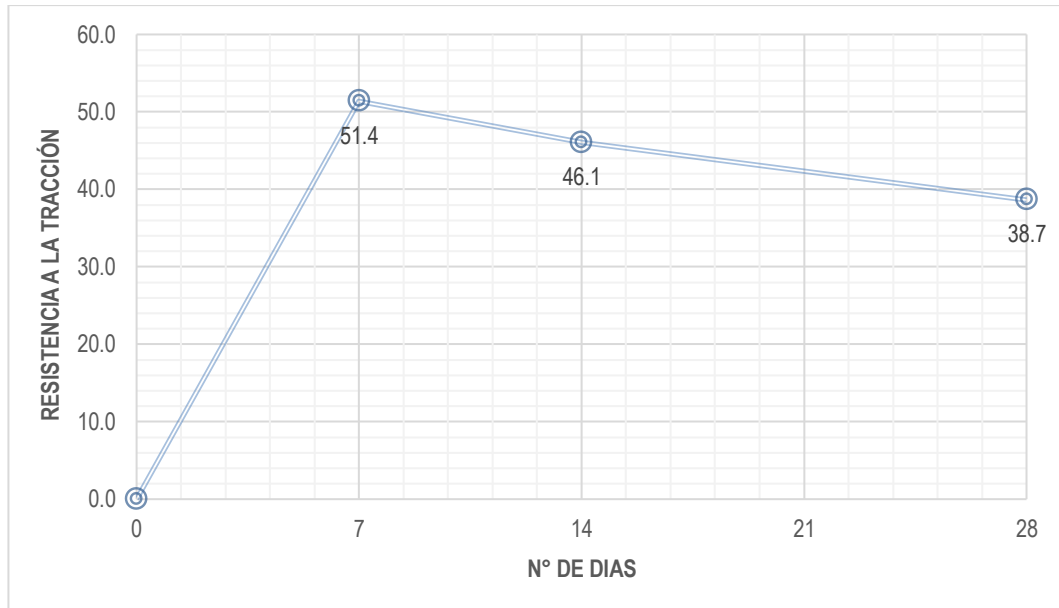
De la figura 75 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28, para el diseño patrón, el cual presenta 52.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 51.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 41.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 76.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-10%) A.f. - a/c:0.25.



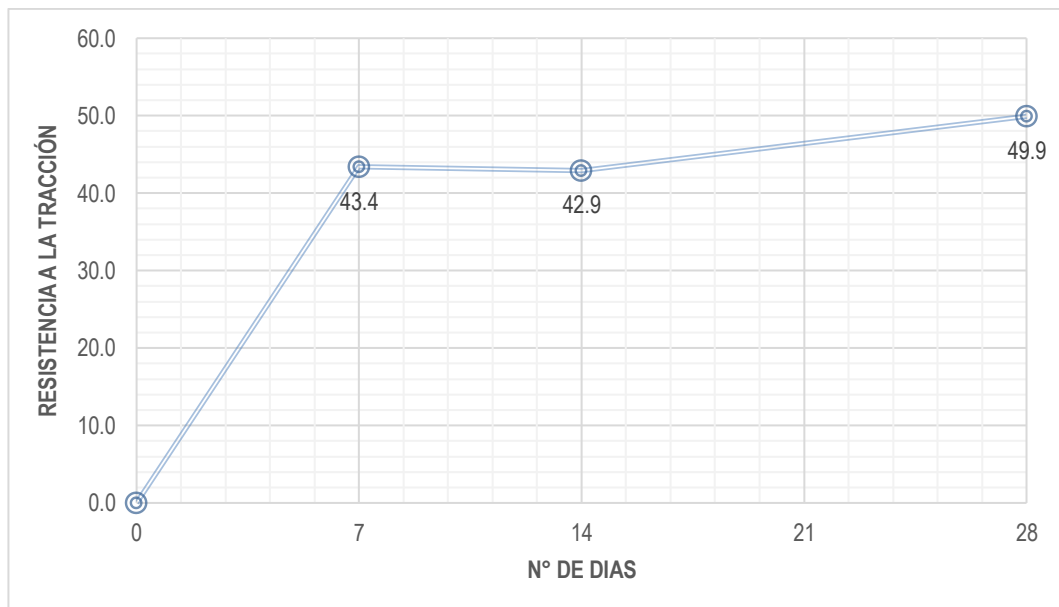
De la figura 76 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -10% de A.f., el cual presenta 50.8 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 51.1 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 40.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 77.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-5%) A.f. - a/c:0.25.



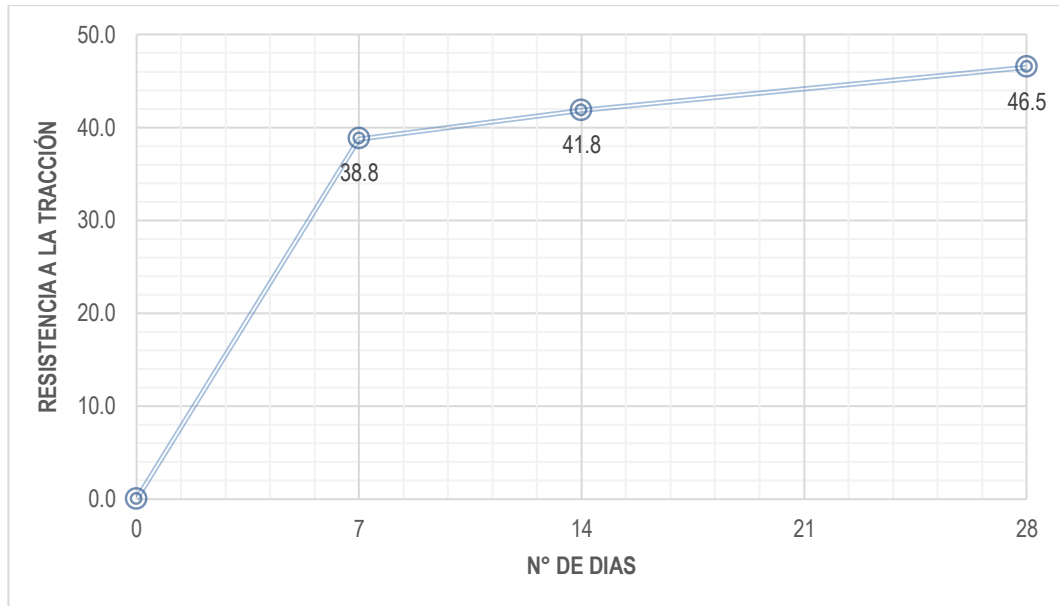
De la figura 77 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -5% de A.f., el cual presenta 51.4 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 46.1 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 38.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 78.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+5%) A.f. - a/c:0.25.



De la figura 78 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 43.4 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 42.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 49.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 79.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+10%) A.f. - a/c:0.25.



De la figura 79 se tiene los valores de la resistencia a la compresión Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +10% de A.f., el cual presenta 38.8 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 41.8 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 46.5 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

### 5.2.5 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.30

Se realizaron 3 ensayos a los 7 días, 3 a los 14 días y 9 a los 28 días, teniendo como resultado los siguientes cuadros.

**Tabla 91.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - Diseño Patrón - a/c:0.30.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.30 Diseño Patrón	7		1	10778.0	33.6	47.4
			2	15501.0	48.6	
			3	19026.0	60.0	
	14		1	11719.0	37.3	40.9
			2	12751.0	40.4	
			3	14030.0	44.9	
	28		1	15817.0	49.9	45.0
			2	15257.0	48.1	
			3	15016.0	47.3	
			4	14817.0	46.7	
			5	14016.0	44.2	
			6	14006.0	44.1	
	7	13862.0	43.7			
	8	13009.0	41.0			
	9	12582.0	39.7			

**Tabla 92.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-10%) de A.f. - a/c:0.30.

	Espécimen		N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.30 (- 10% de Agregado Fino)	7		1	11407.0	36.1	39.7
			2	12842.0	40.9	
			3	13201.0	42.2	
	14		1	12695.0	40.4	42.9
			2	13748.0	43.6	
			3	13964.0	44.7	
	28		1	14685.0	46.3	42.9
			2	14213.0	44.8	
			3	13946.0	44.0	
			4	13867.0	43.7	
			5	13715.0	43.2	
			6	13661.0	43.1	
	7	12992.0	40.9			
	8	12815.0	40.4			
	9	12715.0	40.1			

**Tabla 93.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-5%) de A.f. - a/c:0.30.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.30 (- 5% de Agregado Fino)	7	1	13402.0	42.2	44.7
		2	14161.0	44.9	
		3	15109.0	46.9	
	14	1	12732.0	40.3	42.8
		2	13246.0	41.7	
		3	14622.0	46.5	
	28	1	18940.0	59.7	48.0
		2	16613.0	52.4	
		3	16068.0	50.6	
		4	15703.0	49.5	
		5	15051.0	47.4	
		6	14749.0	46.5	
	7	13430.0	42.3		
	8	13408.0	42.3		
	9	13088.0	41.3		

**Tabla 94.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+5%) de A.f. - a/c:0.30.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.30 (+5% de Agregado Fino)	7	1	12969.0	40.7	43.4
		2	13067.0	40.8	
		3	15493.0	48.8	
	14	1	13275.0	42.3	46.7
		2	14863.0	47.1	
		3	15803.0	50.6	
	28	1	17119.0	54.0	48.3
		2	16178.0	51.0	
		3	15835.0	49.9	
		4	15817.0	49.9	
		5	15686.0	49.4	
		6	15257.0	48.1	
	7	15016.0	47.3		
	8	14016.0	44.2		
	9	13098.0	41.3		



**Tabla 95.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+10%) de A.f. - a/c:0.30.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.30 (+10% de Agregado Fino)	7	1	11489.0	36.2	36.6
		2	11585.0	36.8	
		3	11762.0	36.8	
	14	1	12099.0	38.3	43.7
		2	14098.0	44.4	
		3	15199.0	48.4	
	28	1	18025.0	56.8	43.4
		2	16775.0	52.9	
		3	15051.0	47.4	
		4	14113.0	44.5	
		5	13795.0	43.5	
		6	13430.0	42.3	
		7	13382.0	42.2	
		8	10378.0	32.7	
		9	9058.0	28.5	

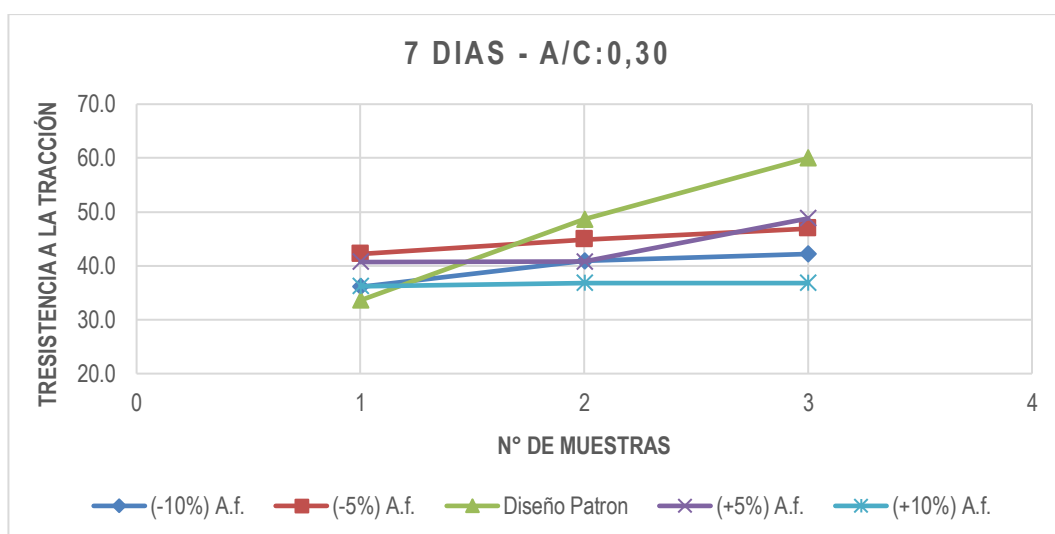
### 5.2.5.1 07 DIAS - CONCRETO A/C:0.30

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 7 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 96.** Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.30.

RELACIÓN	A/C: 0.30					
	ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
	1	36.1	42.2	33.6	40.7	36.2
	2	40.9	44.9	48.6	40.8	36.8
	3	42.2	46.9	60.0	48.8	36.8
	PROM.	39.7	44.7	47.4	43.4	36.6

**Figura 80.** Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.30.



La figura 80 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde para todos los casos la resistencia a la tracción es menor que la del diseño patrón.

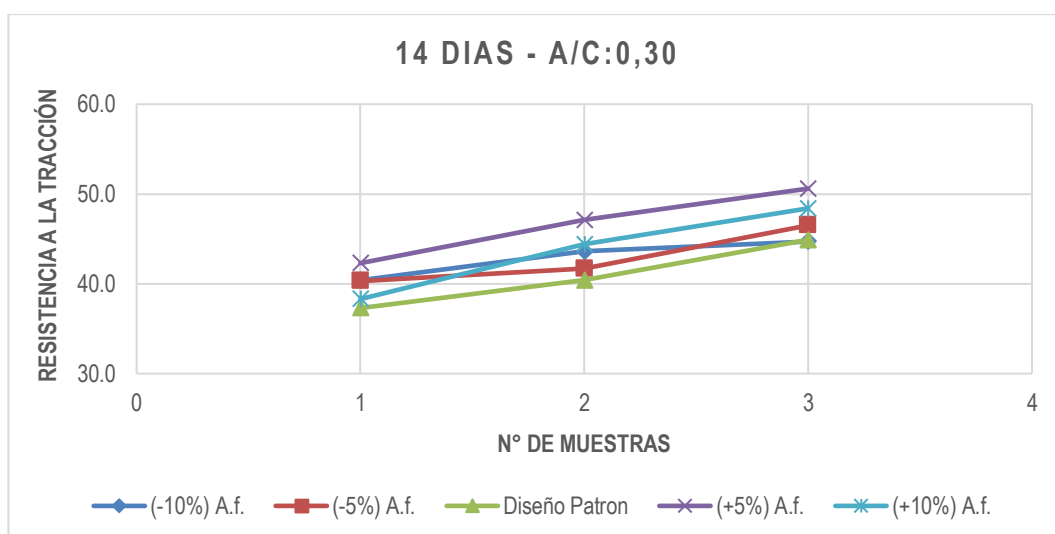
#### 5.2.5.2 14 DIAS - CONCRETO A/C:0.30.

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 14 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 97.** Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.30.

RELACIÓN		A/C: 0.30			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	40.4	40.3	37.3	42.3	38.3
2	43.6	41.7	40.4	47.1	44.4
3	44.7	46.5	44.9	50.6	48.4
PROM.	42.9	42.8	40.9	46.7	43.7

**Figura 81.** Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.30.



La figura 81 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde aumenta la resistencia a la tracción, en todos los casos, con respecto al diseño patrón.

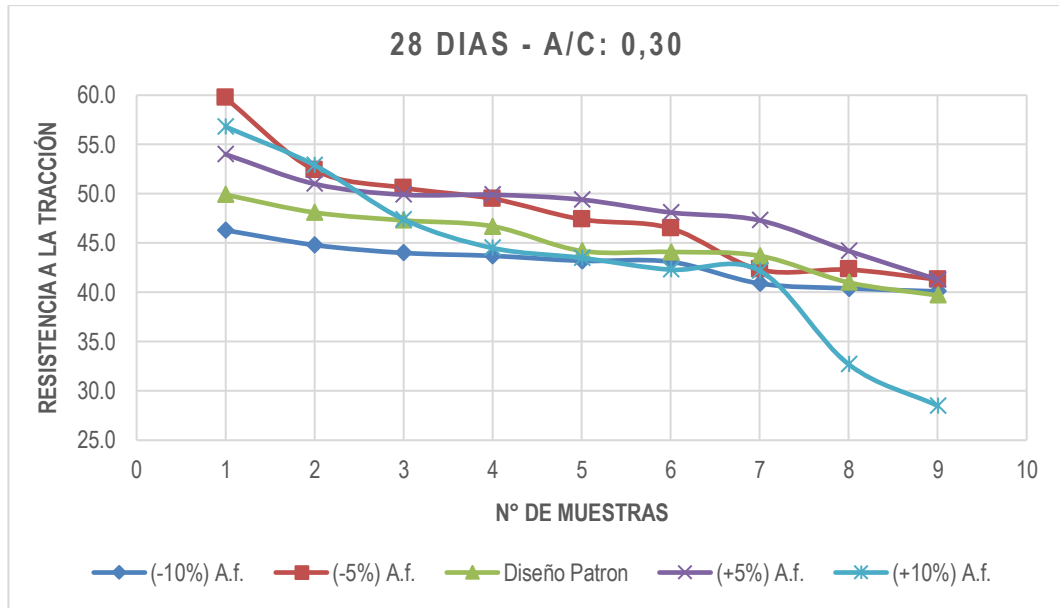
### 5.2.5.3 28 DIAS - CONCRETO A/C:0.30.

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 28 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 98.** Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.30.

RELACIÓN		A/C: 0.30			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	46.3	59.7	49.9	54.0	56.8
2	44.8	52.4	48.1	51.0	52.9
3	44.0	50.6	47.3	49.9	47.4
4	43.7	49.5	46.7	49.9	44.5
5	43.2	47.4	44.2	49.4	43.5
6	43.1	46.5	44.1	48.1	42.3
7	40.9	42.3	43.7	47.3	42.2
8	40.4	42.3	41.0	44.2	32.7
9	40.1	41.3	39.7	41.3	28.5
PROM.	42.9	48.0	45.0	48.3	43.4

**Figura 82.** Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.30.

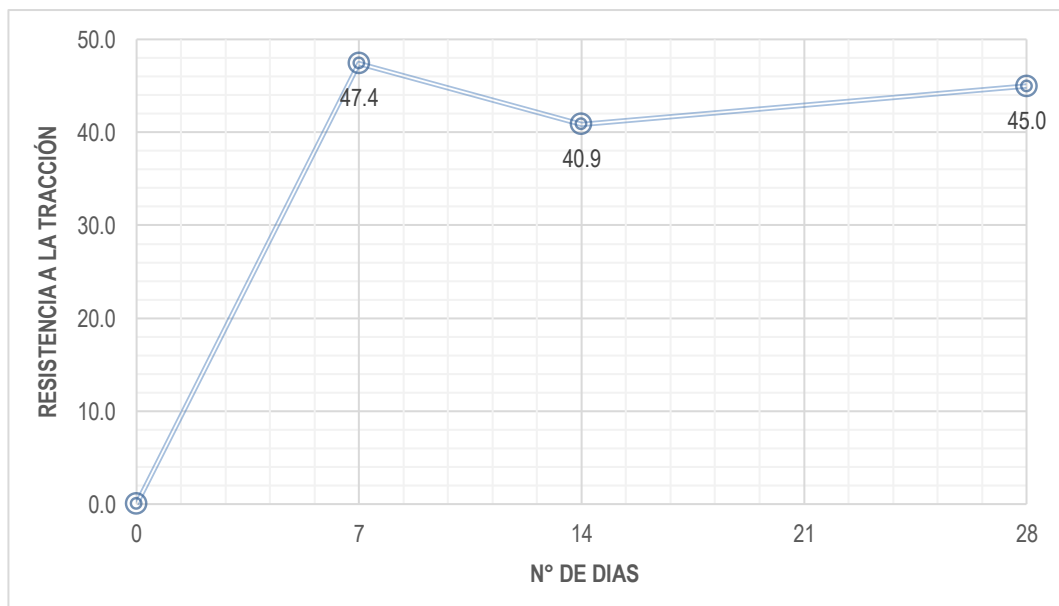


La figura 82 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la tracción aumenta para dosificaciones de -5% y +5% de A.f.; caso contrario, para dosificaciones de -10% de A.f.; con respecto al diseño patrón.

#### 5.2.5.4 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA TRACCIÓN PARA UN A/C:0.30.

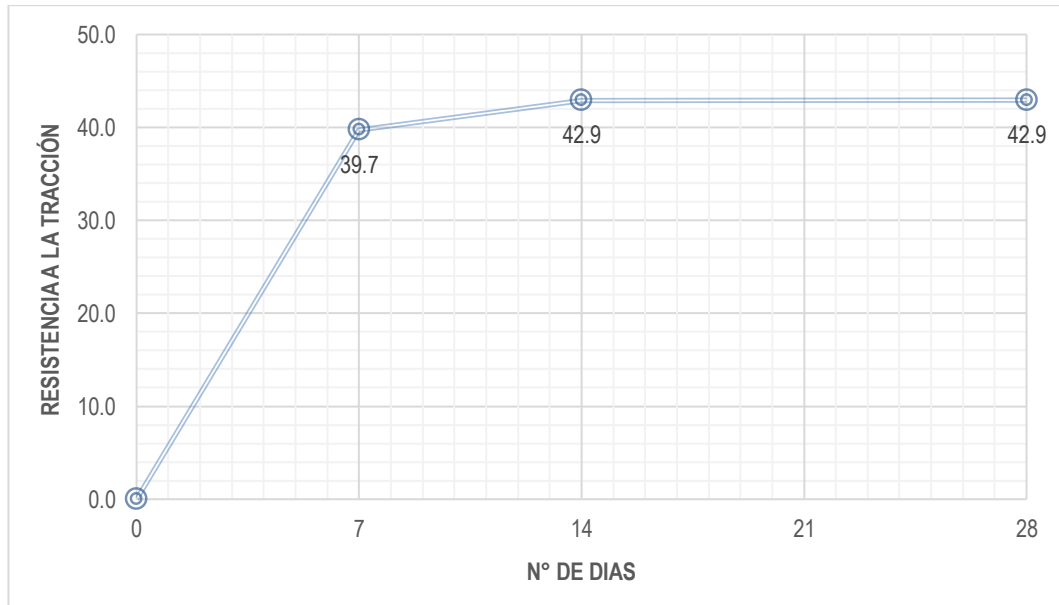
Graficando los valores promedios de la resistencia a la tracción, de las tablas del 91 al 95 se tiene las siguientes figuras.

**Figura 83.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - Diseño Patrón - a/c:0.30.



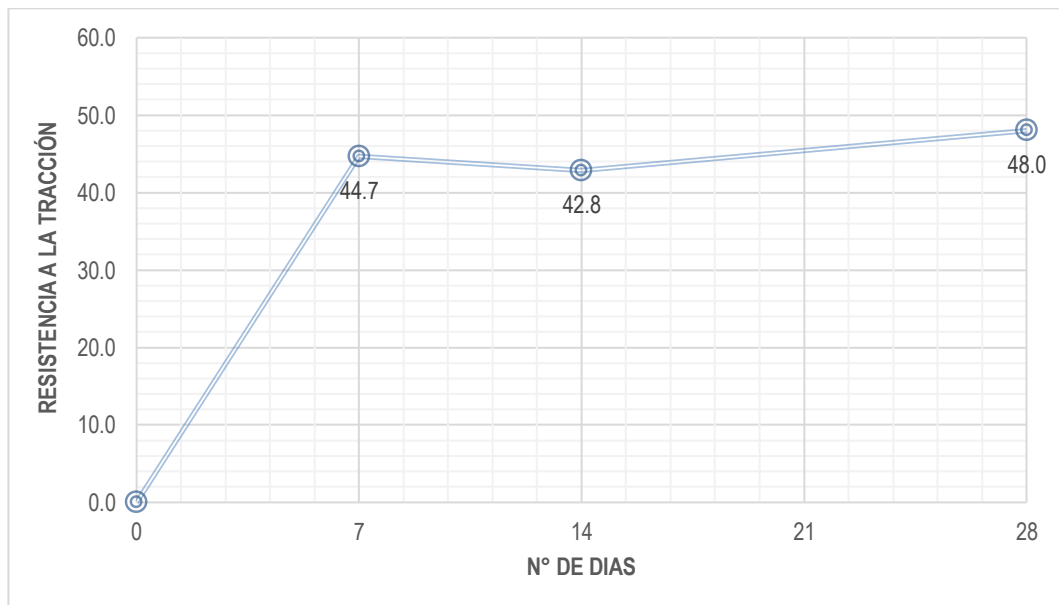
De la figura 83 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28, para un diseño patrón, el cual presenta 47.4 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 40.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 45.0 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 84.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-10%) A.f. - a/c:0.30.



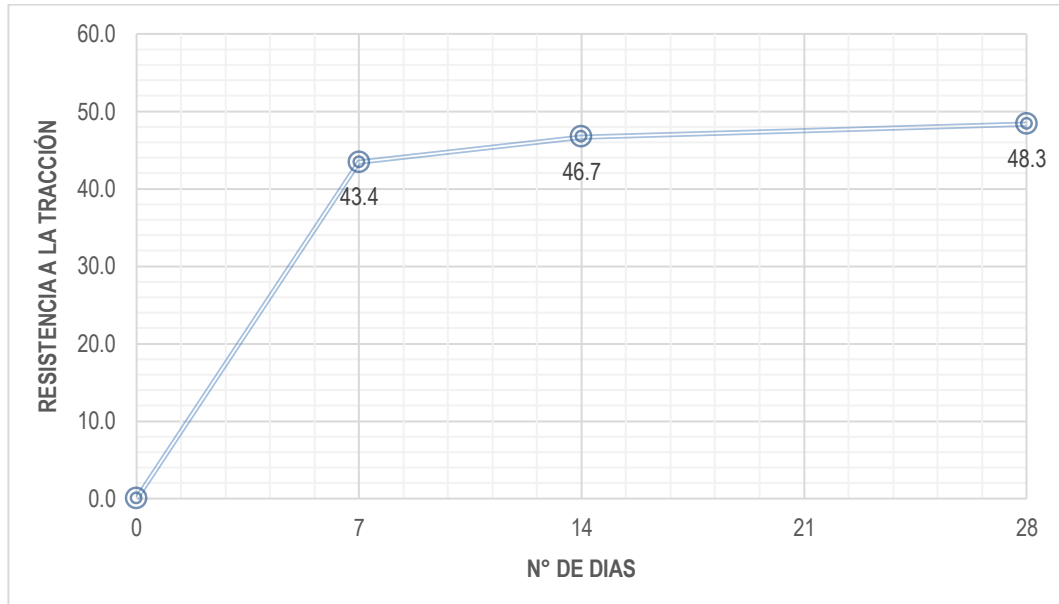
De la figura 84 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -10% de A.f., el cual presenta 39.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 42.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 42.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 85.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-5%) A.f. - a/c:0.30.



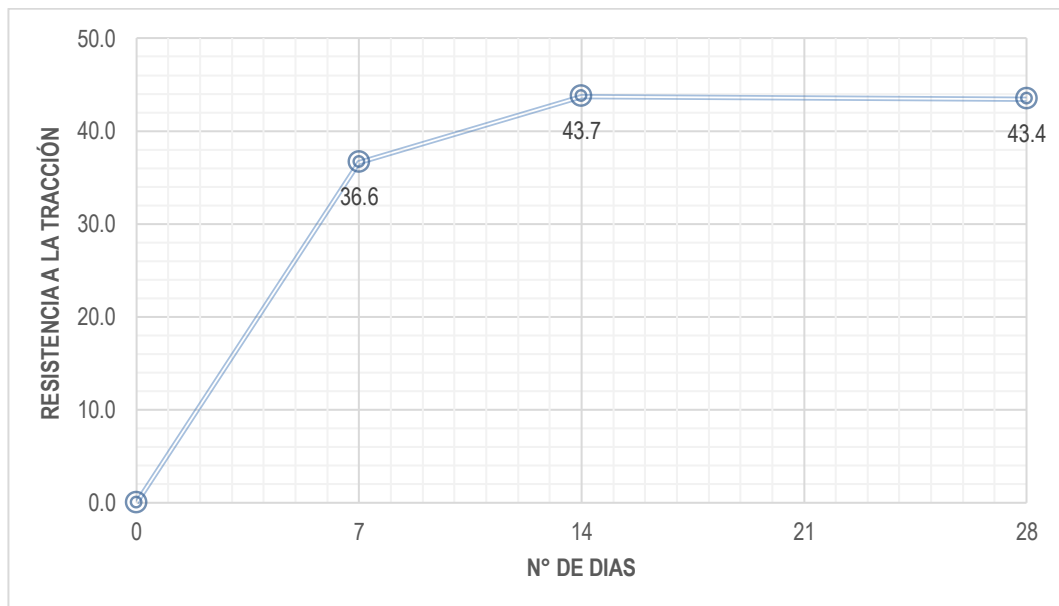
De la figura 85 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -5% de A.f., el cual presenta 44.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 42.8 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 48.0 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 86.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+5%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 86 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 43.4 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 46.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 48.3 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 87.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+10%) A.f. - a/c:0.30.



De la figura 87 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +10% de A.f., el cual presenta 36.6 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 43.7 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 43.4 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

### 5.2.6 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL SUJETO A VARIACIONES DEL AGREGADO FINO Y GRUESO PARA UN A/C:0.35

Se realizaron 3 ensayos a los 7 días, 3 a los 14 días y 9 a los 28 días, teniendo como resultado los siguientes cuadros.

**Tabla 99.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - Diseño Patrón - a/c:0.35.

	Especimen		N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Días				Prom.	
Muestras Relación a/c:0.35 Diseño Patrón	7		1	10844.0	33.7	37.9
			2	12244.0	38.0	
			3	13510.0	42.0	
	14		1	11869.0	36.7	40.0
			2	13215.0	41.2	
			3	13707.0	42.0	
	28		1	21599.0	68.4	47.5
			2	18554.0	58.8	
			3	15326.0	48.5	
			4	14247.0	45.1	
			5	14196.0	45.0	
			6	14163.0	44.9	
	7	14025.0	43.6			
	8	12803.0	39.8			
	9	10614.0	33.1			

**Tabla 100.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-10%) de A.f. - a/c:0.35.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.35 (- 10% de Agregado Fino)	7	1	10609.0	33.3	34.0
		2	10658.0	33.7	
		3	11304.0	35.1	
	14	1	10401.0	32.4	34.6
		2	10473.0	32.9	
		3	12237.0	38.6	
	28	1	14675.0	46.6	40.9
		2	14247.0	45.0	
		3	13243.0	41.9	
		4	13056.0	41.5	
		5	12859.0	40.8	
		6	12719.0	40.2	
	7	12599.0	39.9		
	8	11504.0	36.4		
	9	11190.0	35.4		

**Tabla 101.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (-5%) de A.f. - a/c:0.35.

Espécimen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.35 (- 5% de Agregado Fino)	7	1	10713.0	33.4	37.4
		2	12362.0	38.6	
		3	12641.0	40.2	
	14	1	10515.0	33.0	36.8
		2	11618.0	36.8	
		3	12722.0	40.5	
	28	1	17892.0	56.7	48.1
		2	17482.0	55.4	
		3	17074.0	54.1	
		4	15528.0	49.2	
		5	14435.0	45.7	
		6	14096.0	44.7	
	7	14029.0	44.4		
	8	13672.0	42.4		
	9	13033.0	40.5		



**Tabla 102.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+5%) de A.f. - a/c:0.35.

Especímen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.35 (+ 5% de Agregado Fino)	7	1	10612.0	33.6	35.5
		2	10924.0	34.6	
		3	12018.0	38.3	
	14	1	10840.0	33.8	36.5
		2	11623.0	35.8	
		3	12697.0	39.8	
	28	1	15989.0	50.6	41.9
		2	14720.0	46.6	
		3	14325.0	45.4	
		4	13018.0	41.2	
		5	12831.0	40.6	
		6	12743.0	40.4	
		7	12633.0	40.0	
		8	12043.0	38.1	
		9	10743.0	34.0	

**Tabla 103.** Valores de Resistencia a la Tracción (T) - (+10%) de A.f. - a/c:0.35.

Especímen	Días	N	KG-F	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
					Prom.
Muestras Relación a/c:0.35 (+10% de Agregado Fino)	7	1	11980.0	37.7	41.3
		2	13204.0	41.5	
		3	14140.0	44.8	
	14	1	10401.0	32.6	34.8
		2	10473.0	32.9	
		3	12237.0	39.0	
	28	1	17004.0	53.6	46.9
		2	16973.0	53.5	
		3	16700.0	52.6	
		4	16409.0	51.7	
		5	14541.0	45.8	
		6	14370.0	44.8	
		7	13675.0	42.4	
		8	13441.0	41.6	
		9	11675.0	36.2	

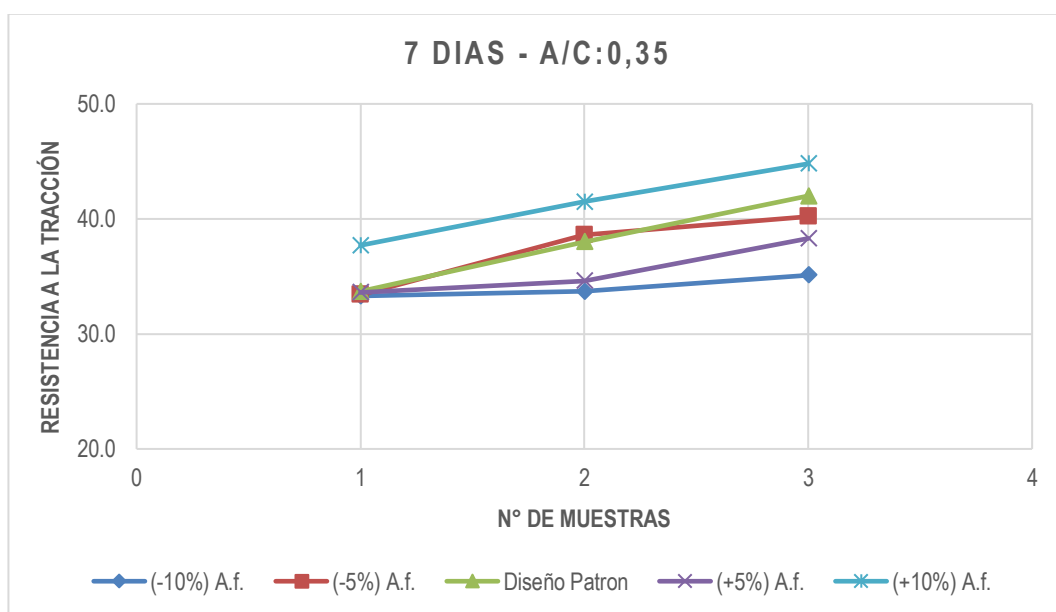
### 5.2.6.1 07 DIAS - CONCRETO A/C:0.35.

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 7 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 104.** Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.35.

RELACIÓN		A/C: 0.35			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	33.3	33.4	33.7	33.6	37.7
2	33.7	38.6	38.0	34.6	41.5
3	35.1	40.2	42.0	38.3	44.8
PROM.	34.0	37.4	37.9	35.5	41.3

**Figura 88.** Resistencia a la Tracción a los 07 Días. - a/c:0.35.



La figura 88 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la tracción tiende a aumentar para una dosificación de +10% del A.f., pero disminuyendo para los demás casos, con respecto al diseño patrón.

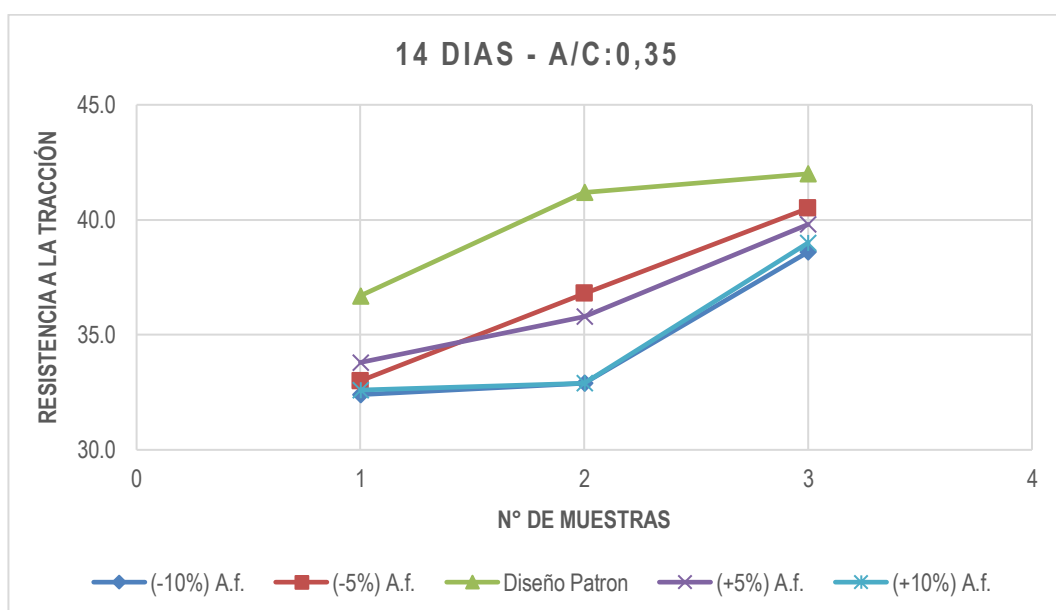
### 5.2.6.2 14 DIAS - CONCRETO A/C:0.35.

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 14 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 105.** Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.35.

RELACIÓN		A/C: 0.35			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	32.4	33.0	36.7	33.8	32.6
2	32.9	36.8	41.2	35.8	32.9
3	38.6	40.5	42.0	39.8	39.0
PROM.	34.6	36.8	40.0	36.5	34.8

**Figura 89.** Resistencia a la Tracción a los 14 Días. - a/c:0.35.



La figura 89 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la tracción tiende a disminuir, para todas las variaciones del porcentaje de A.f., con respecto al diseño patrón.

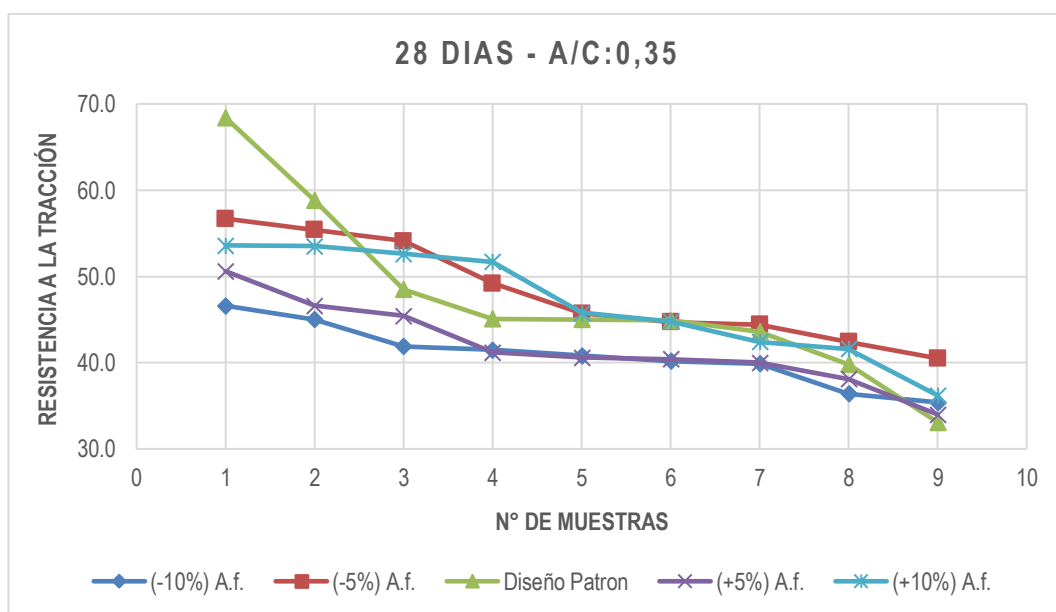
### 5.2.6.3 28 DIAS - CONCRETO A/C:0.35 - DISEÑO DE MEZCLA PATRON.

Se tomaron los valores de la resistencia a la tracción, de las muestras, correspondiente a los 28 días de curado, de cada una de las variaciones; teniendo lo siguiente.

**Tabla 106.** Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.35.

RELACIÓN		A/C: 0.35			
ITEM	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
1	46.6	56.7	68.4	50.6	53.6
2	45.0	55.4	58.8	46.6	53.5
3	41.9	54.1	48.5	45.4	52.6
4	41.5	49.2	45.1	41.2	51.7
5	40.8	45.7	45.0	40.6	45.8
6	40.2	44.7	44.9	40.4	44.8
7	39.9	44.4	43.6	40.0	42.4
8	36.4	42.4	39.8	38.1	41.6
9	35.4	40.5	33.1	34.0	36.2
PROM.	40.9	48.1	47.5	41.9	46.9

**Figura 90.** Resistencia a la Tracción a los 28 Días. - a/c:0.35.

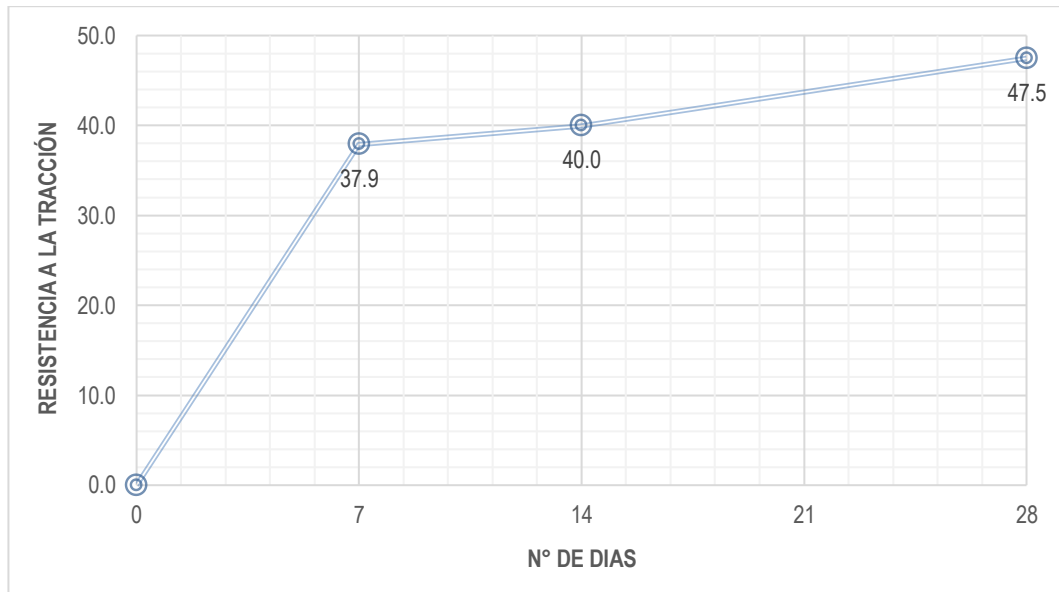


La figura 90 grafica el comportamiento de cada una de las muestras ensayadas, donde la resistencia a la tracción tiende a disminuir para las variaciones de A.f. en +5% y -10%; para los demás casos no presenta tendencia definida, con respecto al diseño patrón.

#### 5.2.6.4 VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA TRACCIÓN PARA UN A/C:0.35.

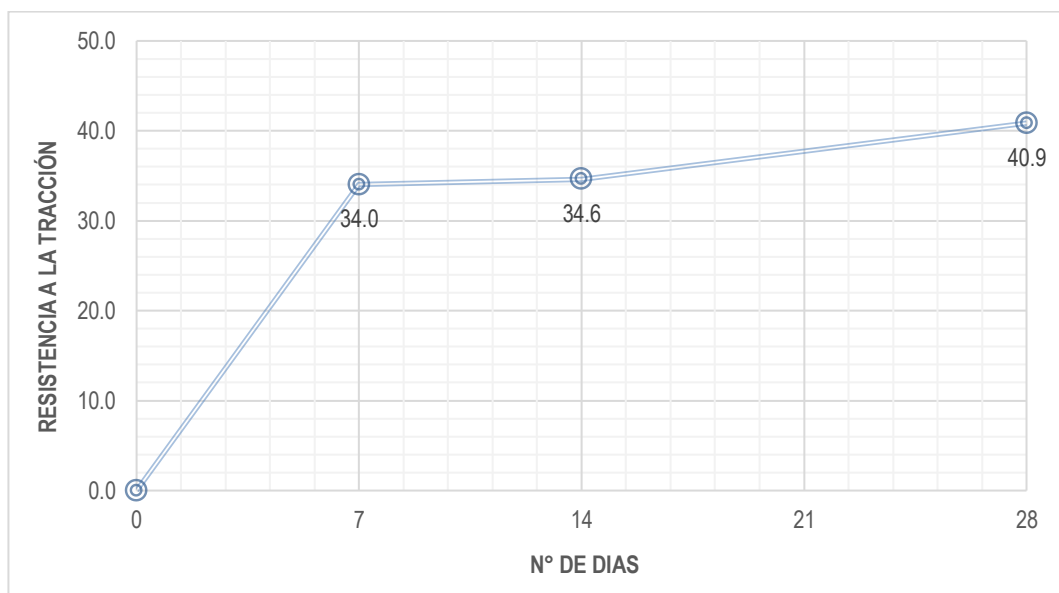
Graficando los valores promedios de la resistencia a la compresión de las tablas del 99 al 103 se tiene las siguientes figuras.

**Figura 91.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - Diseño Patrón - a/c:0.35.



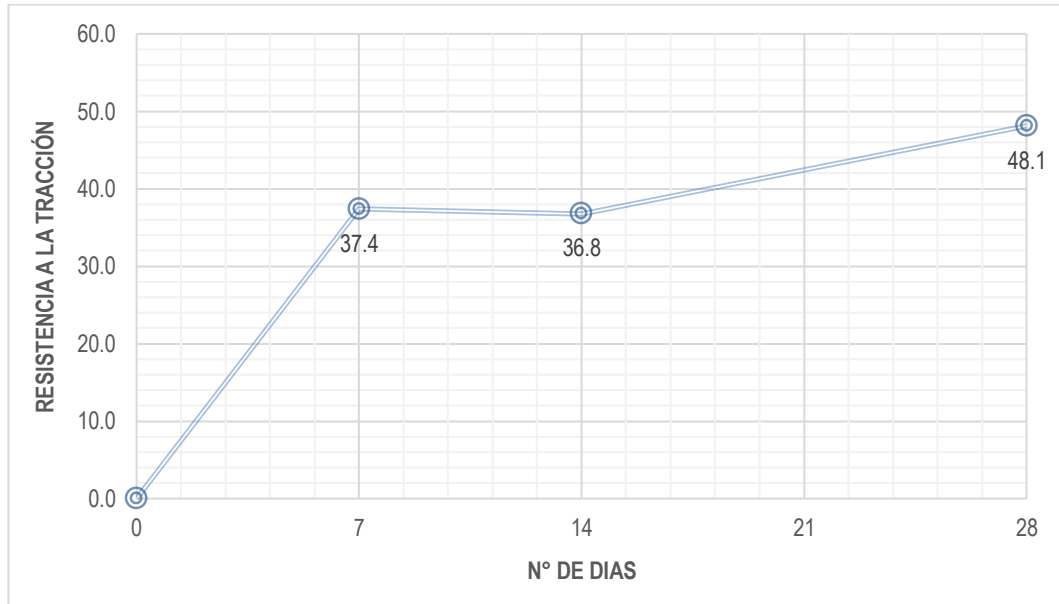
De la figura 91 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados los días 7, 14 y 28, para un diseño patrón, el cual presenta 37.89 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 39.96 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 47.46 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 92.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-10%) A.f. - a/c:0.35.



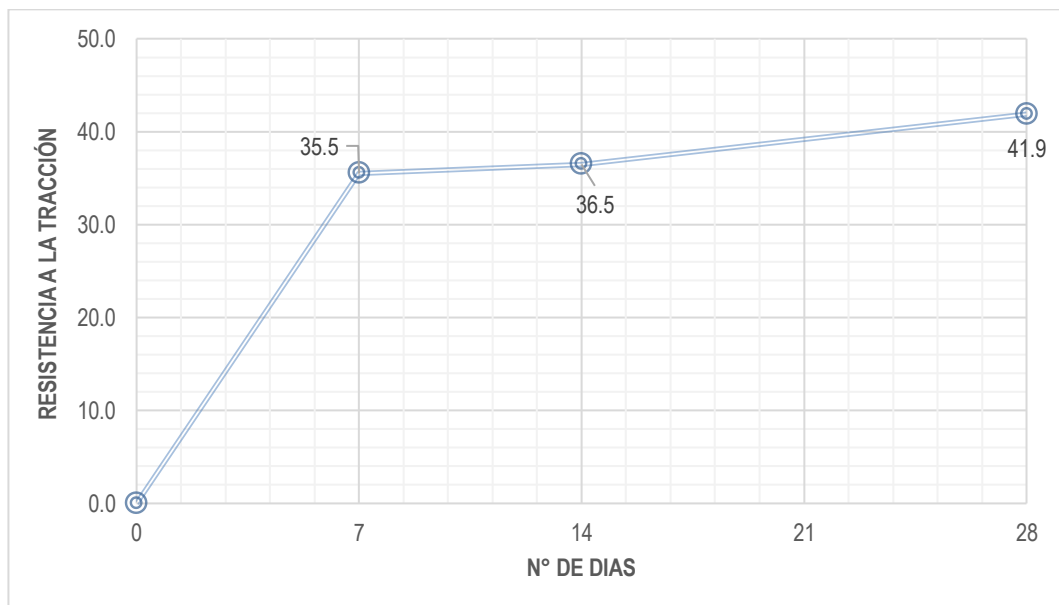
De la figura 92 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -10% de A.f., el cual presenta 34.0 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 34.6 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 40.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 93.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (-5%) A.f. - a/c:0.35.



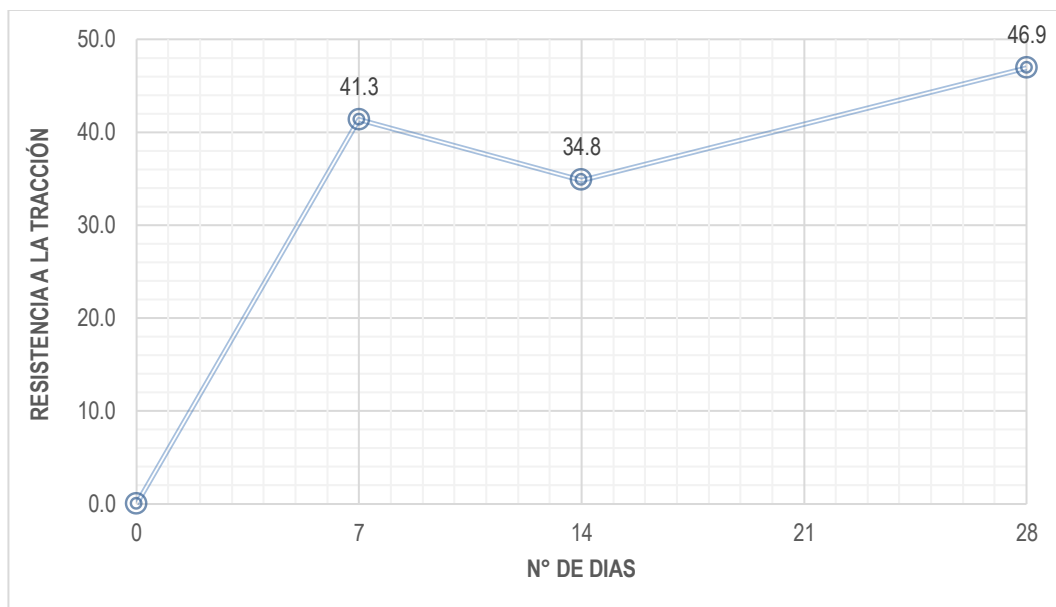
De la figura 93 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de -5% de A.f., el cual presenta 37.4 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 36.8 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 48.1 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 94.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+5%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 94 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +5% de A.f., el cual presenta 35.5 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 36.5 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 41.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

**Figura 95.** Variación de la Resistencia Promedio a la Tracción - (+10%) A.f. - a/c:0.35.



De la figura 95 se tiene los valores de la resistencia a la tracción Promedio de los ensayos realizados, para una variación de +10% de A.f., el cual presenta 41.3 lb/pulg<sup>2</sup> a los 7, 34.8 lb/pulg<sup>2</sup> a los 14 y 46.9 lb/pulg<sup>2</sup> a los 28 días.

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Dentro de este capítulo se analizará los valores obtenidos en los ensayos a los 7, 14 y 28 días de cada una de las relaciones de a/c. El método utilizado, para dicha evaluación es el “Análisis de Varianza”, Para ello se explicará cómo se realiza este análisis y como se utiliza los valores establecidos en el cuadro de rangos de mínimos significativos de Duncan.

Este análisis se dará para cada una de las relaciones de a/c y para las pruebas de compresión y tracción, respectivamente.

Luego pasaremos a realizar una comparación y evaluaremos su evolución y comentarios realizados con las referencias indicadas par esta investigación.

La evaluación de los resultados de la presente investigación se ha adoptado a un modelo de arreglo factorial de 5 columnas y 9 repeticiones, con lo cual se ha ensayado 45 unidades experimentales. De los cuales los datos se han evaluado a través del análisis de varianza; cuyo planteamiento de la Hipótesis estadística son:

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): La variación de porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con el diseño patrón.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis Alterna ( $H_a$ ): La variación de porcentaje de agregados finos y gruesos si modifica al concreto elaborado con el diseño patrón.

$$H_a \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

Y cuyos resultados para cada uno de las dosificaciones se detalla en los subtítulos posteriores.

Si dichos análisis confirman la existencia de diferencias significativas, es conveniente investigar, qué medias son distintas. Para ello se utilizó el Test de rango múltiples de Duncan, con el objeto de identificar qué variaciones son estadísticamente diferentes y en cuánto oscila el valor de esas diferencias.

Para esto se procedió a realizar los siguientes pasos



- Se tomó al diseño de mezcla patrón y se comparó con los distintos diseños, donde se varían la cantidad de agregados.
- Se cálculo del rango de menor significancia

$$R_p = r_p * \sqrt{\frac{S^2}{n}} \quad (3)$$

Donde

$S^2$  : Es sumatoria de los cuadrados de los Promedios.

$n$  : Es la cantidad de repeticiones.

$r_p$ : Es el punto crítico del valor de media Estudentizado, basado en la comparación de la media mayor y la menor de “p” medias. Estos valores críticos se muestran en la Tabla107

- Para “4” variaciones de la cantidad de agregados y “40” grados de libertad, se utiliza el cuadro de Rangos Estudentizados Mínimos Significativos de Duncan, para obtener los valores de  $r_p$ . (ver Anexo S)

**Tabla 107.** Cuadro de Rangos Mínimos Significativos de Duncan.

G.L	$\alpha = 0,05$								
	p								
ERROR	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314

Donde se obtiene como resultado para un  $r_p$  ( $\alpha$ ;p;G.L.), los siguientes puntos críticos

- $r_p$  (0.05;2;40) = 2.858
- $r_p$  (0.05;3;40) = 3.006
- $r_p$  (0.05;4;40) = 3.102

## 6.1 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN MEDIANTE EL ARREGLO FACTORIAL Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.

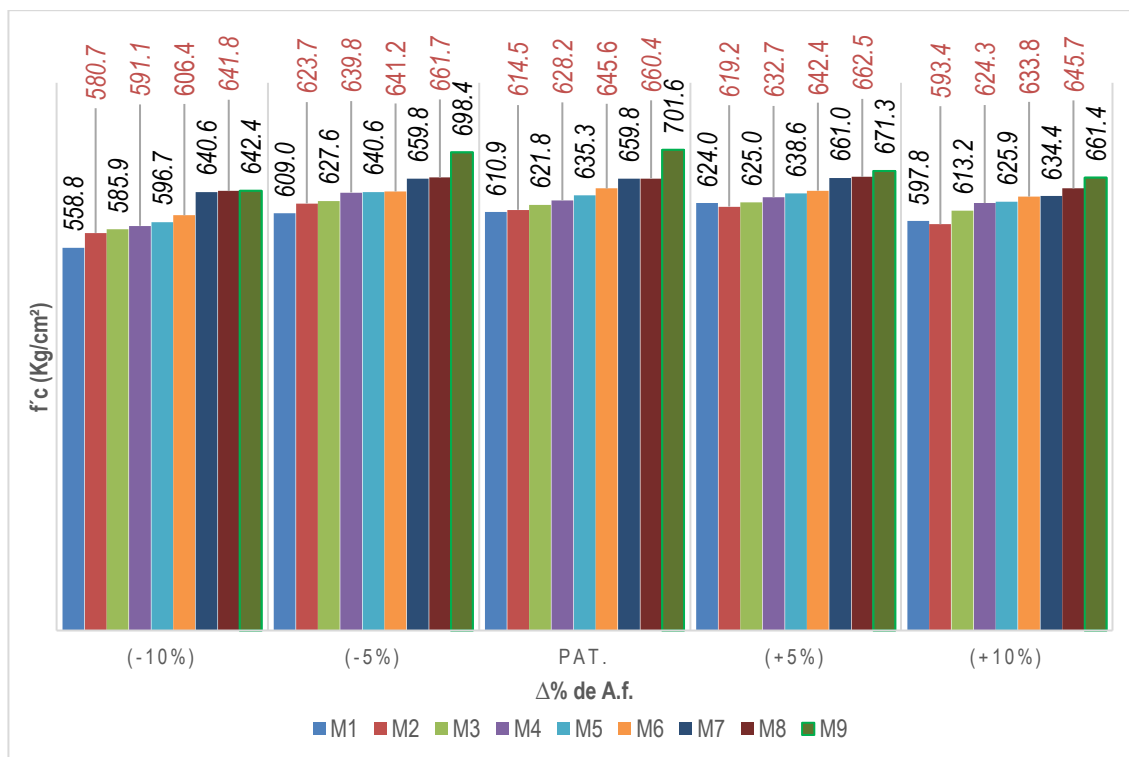
### 6.1.1 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25

En la tabla 108, se tiene los valores de los ensayos realizados a los 28 días de la relación a/c 0.25 de acuerdo a la variación de agregados finos.

Tabla 108.  $f'c$  a los 28 días - Relación a/c=0.25.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25					
DIAS	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28	558.8	609.0	610.9	624.0	597.8
	580.7	623.7	614.5	619.2	593.4
	585.9	627.6	621.8	625.0	613.2
	591.1	639.8	628.2	632.7	624.3
	596.7	640.6	635.3	638.6	625.9
	606.4	641.2	645.6	642.4	633.8
	640.6	659.8	659.8	661.0	634.4
	641.8	661.7	660.4	662.5	645.7
	642.4	698.4	701.6	671.3	661.4

Figura 96. Resistencia a la compresión ( $f'c$ ) a los 28 días - Relación a/c:0.25.



**Tabla 109.** Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Compresión ( $f_c$ )) A.f. - a/c:0.25.

RESUMEN	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28					
Cuenta	9	9	9	9	9
Suma	5444,28	5801,76	5778,04	5776,90	5629,90
Promedio	604,92	644,64	642,00	641,88	625,54
Varianza	921,44	682,20	822,62	358,77	474,38

**Tabla 110.** Análisis de Varianza (resistencia a la compresión ( $f_c$ ))- Relación a/c:0.25.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10181.79	4	2545.45	3.90	0.01	2.61
Dentro de los grupos	26089.24	40	652.23			
Total	36271.03	44				

De la tabla 110 del análisis de varianza, el cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ , se obtiene una probabilidad de 0.01; lo cual comparando se tiene que 0.05 es mayor a 0.01 y se determina rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), que considera que la variación de porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con respecto al diseño patrón y se acepta la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ). Es decir, existe al menos una modificación de la cantidad de agregados finos y grueso cuyo Promedio de resistencia difiere del diseño de mezcla patrón.

Esto implica que las pruebas a los 28 días presentan una resistencia distinta en cada uno de los casos.

### Realizando el Test de Rango Múltiple de Duncan

De la Tabla 108 se tomó el diseño de mezcla patrón y se comparó con los distintos diseños donde se varían la cantidad de agregados.

- De la tabla 110 del análisis de Varianza se obtiene que la  $S^2=652.23$ ,  $n=9$  y los  $r_p$  para los valores de "p" igual a 2,3 y 4 son 2.858,3.006 y 3.102 respectivamente, Reemplazando en la ecuación (3) se tiene los siguientes resultados.

Para  $r_p(0.05;2;40) = 2.858$  el  $R_{p(2)} = 24.329$

Para  $r_p(0.05;3;40) = 3.006$  el  $R_{p(3)} = 25.589$

Para  $r_p(0.05;4;40) = 3.102$  el  $R_{p(4)} = 26.407$

- La diferencia de Promedios de los grupos son los que se muestra en la Tabla 111

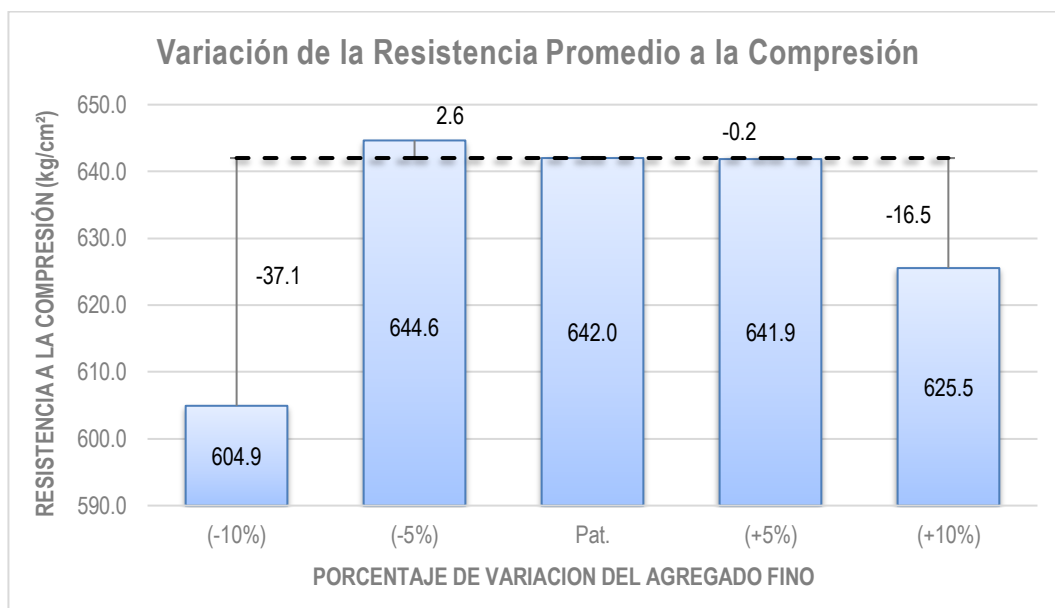
**Tabla 111.** Diferencia de Promedios por Grupos - a/c:0.25.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25					
Variación de agregados en los Diseños de mezcla.	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
(-10%)		39.71	37.08	36.92	20.61
(-5%)	-		2.63	2.79	19.10
Pat.	-	-		0.16	16.47
(+5%)	-	-	-		16.31
(+10%)	-	-	-	-	

Se observa que para una variación de agregados fino de (-10%) con respecto al diseño patrón (Pat). tiene diferencia significativa en las medias, puesto que sus rangos mínimos son menores que la diferencia de medias respecto del Pat.

Se observa que la variación de agregados (-5%), (+5%) y (+10%) no tienen diferencia significativa, debido que su diferencia de Promedios de 2.63, 0.16 y 16.47 respectivamente, son menores que 24.32 el rango de menor significancia. Los resultados obtenidos con la prueba de Duncan no difieren la gráfica mostrada de la variación de la resistencia a la compresión. Por lo tanto, los resultados son aceptables estadísticamente.

**Figura 97.** Resistencia Promedio según  $\Delta$  % A.f. - a/c:0.25.



En la figura 97 se observa que, la resistencia a la compresión para una dosificación de (+5%) del A.f. aumenta en 2.6 kg/cm<sup>2</sup> y para (-5%) de A.f. la resistencia a la compresión, disminuye en 0.2 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño patrón. Y para (+10%) y (-10%) de A.f. las resistencias a la compresión disminuyen en 16.5 kg/cm<sup>2</sup> y 37.1 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente respecto al diseño patrón.

**Tabla 112.** Variación Porcentual ( $\Delta$ %) en Compresión - a/c:0.25

ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS				
A/C: 0.25				
$\Delta$ DEL A. f.	% DE FINOS	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
(-10% A.f.)	38%	604.93	94.22%	-5.78%
(-5% A.f.)	43%	644.64	100.41%	0.41%
D.P.	48%	642.01	100.00%	---
(+5% A.f.)	53%	641.86	99.98%	-0.02%
(+10% A.f.)	58%	625.54	97.44%	-2.56%

De la tabla 112, reduciendo en 5% el A.f. aumenta en 0.41%, la resistencia a la compresión final, con respecto al diseño patrón. Caso contrario sucede con las demás variaciones, donde la mayor caída se da para -10% del A.f., con 5.78%.

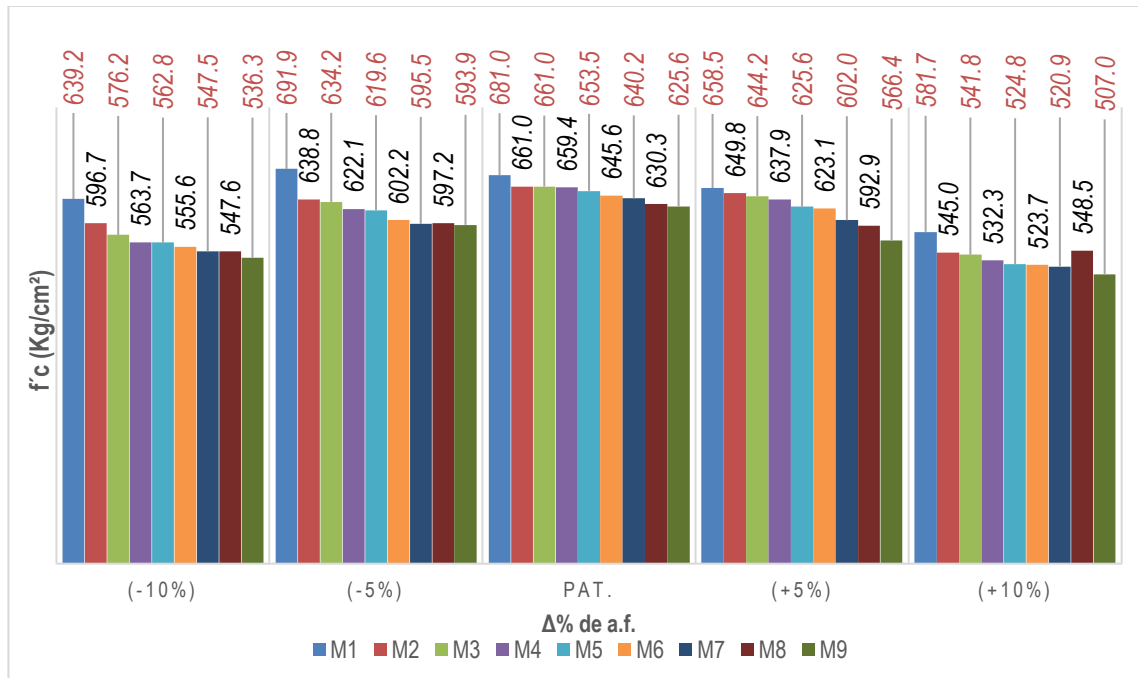
### 6.1.2 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30

En la tabla 113, se tiene los valores de los ensayos realizados a los 28 días de la relación a/c 0.30 de acuerdo a la variación de agregados finos.

Tabla 113.  $f_c$  a los 28 días - Relación a/c=0.30.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30					
DIAS	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28	639.2	691.9	681.0	658.5	581.7
	596.7	638.8	661.0	649.8	545.0
	576.2	634.2	661.0	644.2	541.8
	563.7	622.1	659.4	637.9	532.3
	562.8	619.6	653.5	625.6	524.8
	555.6	602.2	645.6	623.1	523.7
	547.5	595.5	640.2	602.0	520.9
	547.6	597.2	630.3	592.9	548.5
	536.3	593.9	625.6	566.4	507.0

Figura 98. Resistencia a la Compresión ( $f_c$ ) a los 28 días - Relación a/c:0.30.



**Tabla 114.** Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Compresión ( $f_c$ )) A.f. - a/c:0.30.

RESUMEN	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28					
Cuenta	9	9	9	9	9
Suma	5125,51	5595,37	5857,63	5600,42	4825,74
Promedio	569,50	621,71	650,85	622,27	536,19
Varianza	997,12	977,51	299,35	900,10	463,92

**Tabla 115.** Análisis de Varianza (Resistencia a la Compresión ( $f_c$ ))- Relación a/c:0.30.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	76983.39	4	19245.85	26.44	0.00	2.61
Dentro de los grupos	29118.43	40	727.96			
Total	106101.82	44				

De la tabla 115 del análisis de varianza, el cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ , se obtiene una probabilidad de 0.00; comparando 0.05 es mayor a 0.00 y se determina rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), que considera que la variación de porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con respecto al diseño patrón y se acepta la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ). Es decir, existe al menos una modificación de la cantidad de agregados finos y grueso cuyo Promedio de resistencia difiere del diseño de mezcla patrón.

Esto implica que las pruebas a los 28 días presentan una resistencia distinta en cada uno de los casos.

### Realizando el Test de Rango Múltiple de Duncan

De la tabla 113 se tomó el diseño de mezcla patrón y se comparó con los distintos diseños donde se varían la cantidad de agregados.

- De la tabla 115 del análisis de Varianza se obtiene que la  $S^2=727.96$ ,  $n =9$  y los  $r_p$  para los valores de "p" igual a 2,3 y 4 son 2.858,3.006 y 3.102 respectivamente, Reemplazando en la ecuación (3), se tiene los siguientes resultados.

Para  $r_p(0.05;2;40) = 2.858$  el  $R_{p(2)} = 25.704$ .

Para  $r_p(0.05;3;40) = 3.006$  el  $R_{p(3)} = 27.035$ .

Para  $r_p(0.05;4;40) = 3.102$  el  $R_{p(4)} = 27.898$ .

- La diferencia de Promedios de los grupos, son los que se muestra en la Tabla 116

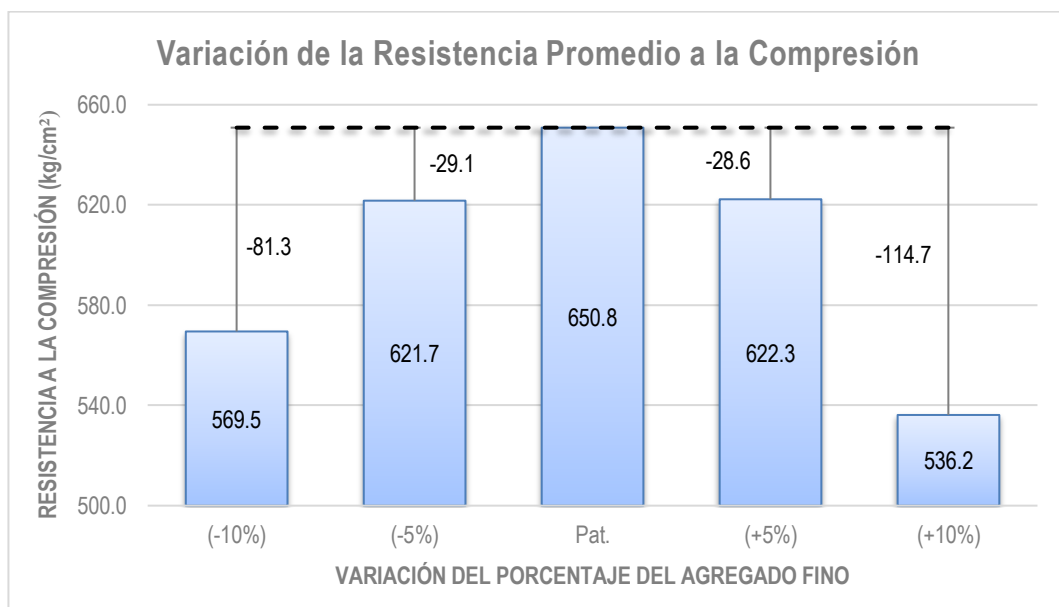
**Tabla 116.** Diferencia de Promedios por Grupos - a/c:0.30.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30					
Variación de agregados en los Diseños de mezcla.	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
(-10%)		52.20	81.33	52.76	33.32
(-5%)	-		29.13	0.56	85.52
Pat.	-	-		28.58	114.66
(+5%)	-	-	-		86.08
(+10%)	-	-	-	-	

la variación de agregados finos en (+10%), (-10%), (+5%) y (-5%) con respecto al diseño Patrón (Pat). tienen diferencia significativa en las medias puesto que sus rangos mínimos son menores que la diferencia de medias respecto del Pat.

Los resultados obtenidos con la prueba de Duncan no difieren la gráfica mostrada de la variación de la resistencia a la compresión. Por lo tanto, los resultados son aceptables estadísticamente.

**Figura 99.** Resistencia Promedio según  $\Delta$  % A.f. – a/c:0.30.





De la figura 99 se observa que, una variación en el porcentaje de agregado de (-10%), (-5%), (+5%) y (+10%) se tiene una disminución de la resistencia a la compresión de 81.3 kg/cm<sup>2</sup>, 29.1 kg/cm<sup>2</sup>, 28.6 kg/cm<sup>2</sup>, y 114.7 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 117.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Compresión - a/c:0.30.

ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS				
A/C: 0.30				
$\Delta$ DEL A. f.	% DE FINOS	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
(-10% A.f.)	38%	569.51	87.50%	-12.50%
(-5% A.f.)	43%	621.71	95.52%	-4.48%
D.P.	48%	650.84	100.00%	---
(+5% A.f.)	53%	622.27	95.61%	-4.39%
(+10% A.f.)	58%	536.19	82.38%	-17.62%

De la tabla 117, para todos los casos se muestra una disminución porcentual de la resistencia final, del 4% al 17%, variando la cantidad de agregado fino.

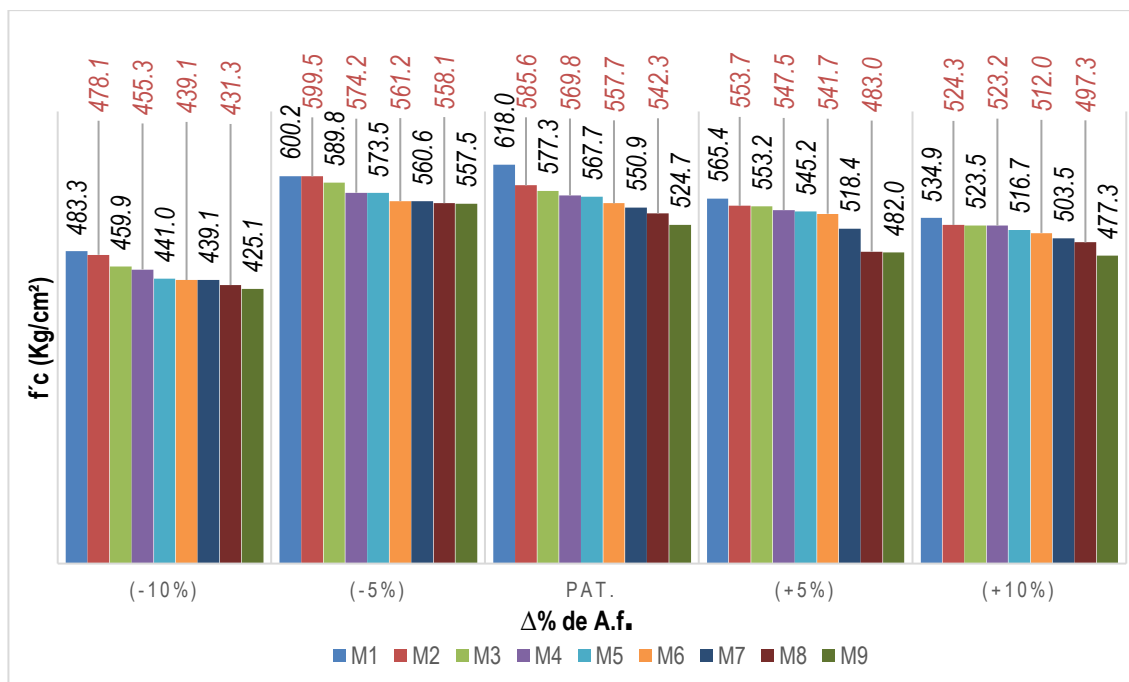
### 6.1.3 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35

En la tabla 118, se tiene los valores de los ensayos realizados a los 28 días de la relación a/c 0.35 de acuerdo a la variación de agregados finos.

**Tabla 118.** F'c a los 28 días - Relación a/c=0.35.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35					
DIAS	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28	483.3	600.2	618.0	565.4	534.9
	478.1	599.5	585.6	553.7	524.3
	459.9	589.8	577.3	553.2	523.5
	455.3	574.2	569.8	547.5	523.2
	441.0	573.5	567.7	545.2	516.7
	439.1	561.2	557.7	541.7	512.0
	439.1	560.6	550.9	518.4	503.5
	431.3	558.1	542.3	483.0	497.3
	425.1	557.5	524.7	482.0	477.3

**Figura 100.** Resistencia a la Compresión ( $f_c$ ) a los 28 días - Relación a/c:0.35.



**Tabla 119.** Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Compresión ( $f_c$ )) A.f. - a/c:0.35.

RESUMEN	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28					
Cuenta	9	9	9	9	9
Suma	4052,20	5174,63	5094,00	4790,13	4612,75
Promedio	450,24	574,96	566,00	532,24	512,53
Varianza	413,18	305,90	724,43	954,09	304,90

**Tabla 120.** Análisis de Varianza (Resistencia a la Compresión ( $f_c$ ))- Relación a/c:0.35.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	89540.66	4	22385.16	41.39	0.00	2.61
Dentro de los grupos	21632.10	40	540.80			
Total	111172.76	44				

De la tabla 120 del análisis de varianza, el cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ , se obtiene una

probabilidad de 0.00; lo cual comparando se tiene que 0.05 es mayor a 0.00 y se determina rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), que considera que la variación de porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con respecto al diseño patrón y se acepta la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ). Es decir, existe al menos una modificación de la cantidad de agregados finos y grueso cuyo Promedio de resistencia difiere del diseño de mezcla patrón. Esto implica que las pruebas a los 28 días presentan una resistencia distinta en cada uno de los casos.

### Realizando el Test de Rango Múltiple de Duncan

De la tabla 118 se tomó el diseño de mezcla patrón y se comparó con los distintos diseños donde se varían la cantidad de agregados.

- De la tabla 120 del análisis de Varianza se obtiene que la  $S^2=540.80$ ,  $n =9$  y los  $r_p$  para los valores de “p” igual a 2,3 y 4 son 2.858,3.006 y 3.102 respectivamente, Reemplazando en la ecuación (3), se tiene los siguientes resultados.

$$\text{Para } r_p(0.05;2;40) = 2.858 \text{ el } R_{p(2)} = 22.154.$$

$$\text{Para } r_p(0.05;3;40) = 3.006 \text{ el } R_{p(3)} = 23.302.$$

$$\text{Para } r_p(0.05;4;40) = 3.102 \text{ el } R_{p(4)} = 24.045.$$

- La diferencia de Promedios de los grupos son los que se muestra en la Tabla 121

**Tabla 121.** Diferencia de Promedios por Grupos - a/c:0.35.

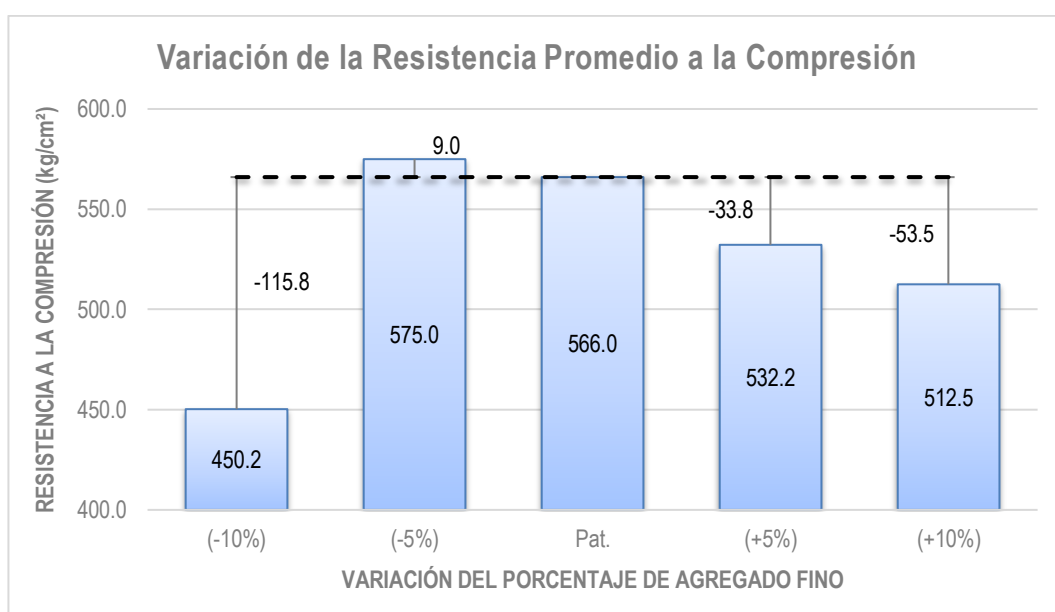
DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35					
Variación de agregados en los Diseños de mezcla.	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
(-10%)		124.71	115.76	81.99	62.28
(-5%)	-		8.96	42.72	62.43
Pat.	-	-		33.77	53.48
(+5%)	-	-	-		19.71
(+10%)	-	-	-	-	

Se observa, para la variación de agregados finos en (-5%) con respecto al diseño patrón (Pat.), No presenta diferencia significativa en las medias puesto que sus rangos mínimos son menores que la diferencia de medias respecto del Pat.

Para la variación de agregados en (-10%), (+5%) y (+10%) presentan diferencia significativa debido a que 115.75, 33.77 y 53.48 respectivamente son mayores que 22.148 el rango de menor significancia.

Los resultados obtenidos con la prueba de Duncan no difieren la gráfica mostrada de la variación de la resistencia a la compresión. Por lo tanto, los resultados son aceptables estadísticamente.

**Figura 101.** Resistencia Promedio según  $\Delta$  % A.f. – a/c:0.35.



De la figura 101 se observa que, para una variación del agregado fino en (-5%) aumenta en 9.0 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño Pat.

Para una variación del agregado fino en (-10%), (+5%) y (+10%) se tiene una disminución en 115.8 kg/cm<sup>2</sup>, 33.8 kg/cm<sup>2</sup> y 53.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 122.** Variación Porcentual ( $\Delta$ %) en Compresión - a/c:0.35

ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS				
A/C: 0.35				
$\Delta$ DEL A. F.	% DE FINOS	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
(-10% A.f.)	38%	450.24	79.55%	-20.45%
(-5% A.f.)	43%	574.96	101.58%	1.58%
D.P.	48%	566.00	100.00%	---
(+5% A.f.)	53%	532.23	94.03%	-5.97%
(+10% A.f.)	58%	512.52	90.55%	-9.45%

De la tabla 122, al disminuir en 5% el A.f. la resistencia a la compresión final aumenta en 1.58%, caso contrario con las demás modificaciones donde disminuyen entre 5 a 20%, con respecto al diseño patrón.

## 6.2 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS A LA TRACCIÓN MEDIANTE EL ARREGLO FACTORIAL Y EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.

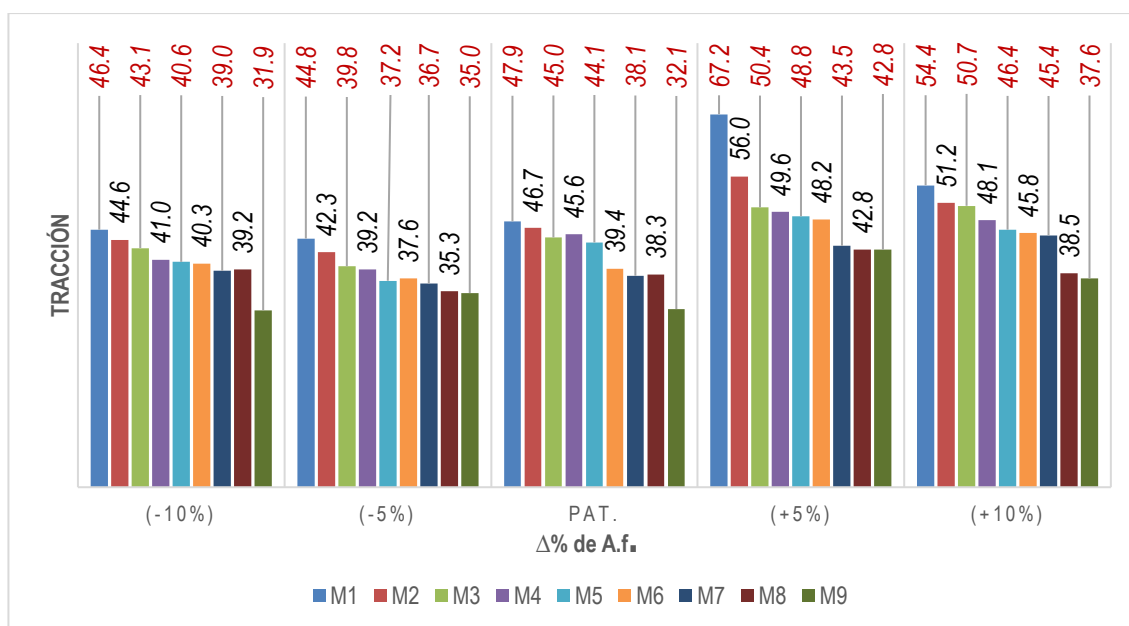
### 6.2.1 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25

En la tabla 123, se tiene los valores de los ensayos realizados a los 28 días de la relación a/c 0.25 de acuerdo a la variación de agregados finos.

Tabla 123. Tracción (T) a los 28 días - Relación a/c=0.25.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25					
DIAS	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28	46.4	44.8	47.9	67.2	54.4
	44.6	42.3	46.7	56.0	51.2
	43.1	39.8	45.0	50.4	50.7
	41.0	39.2	45.6	49.6	48.1
	40.6	37.2	44.1	48.8	46.4
	40.3	37.6	39.4	48.2	45.8
	39.0	36.7	38.1	43.5	45.4
	39.2	35.3	38.3	42.8	38.5
	31.9	35.0	32.1	42.8	37.6

Figura 102. Resistencia a la Tracción (T) a los 28 días - Relación a/c:0.25.



**Tabla 124.** Resumen de Variación de Dosificación (Resistencia a la Tracción) A.f. - a/c:0.25.

RESUMEN	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28					
Cuenta	9	9	9	9	9
Suma	366,04	347,81	377,11	449,38	418,09
Promedio	40,67	38,65	41,90	49,93	46,45
Varianza	17,09	10,50	27,09	60,33	31,17

**Tabla 125.** Análisis de Varianza (Resistencia a la Tracción (T))- Relación a/c:0.25.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	755.42	4	188.85	6.46	0.00	2.61
Dentro de los grupos	1169.80	40	29.25			
Total	1925.22	44				

De acuerdo a la tabla 125 de análisis de varianza, el cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ , se obtiene una probabilidad de 0.00; lo cual comparando se tiene que 0.05 es mayor a 0.00 y se determina rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ), que considera que la variación de porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con respecto al diseño patrón y se acepta la Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ). Es decir, existe al menos una modificación de la cantidad de agregados finos y grueso cuyo Promedio de resistencia difiere del diseño de mezcla patrón.

Esto implica que las pruebas a los 28 días presentan una resistencia distinta en cada uno de los casos

### Realizando el Test de Rango Múltiple de Duncan

De la Tabla 123 se tomó el diseño de mezcla patrón y se comparó con los distintos diseños donde se varían la cantidad de agregados.

- De la tabla 125 del análisis de Varianza se obtiene que la  $S^2=29.25$ ,  $n=9$  y los  $r_p$  para los valores de "p" igual a 2,3 y 4 son 2.858,3.006 y 3.102 respectivamente, Reemplazando en la ecuación (3), se tiene los siguientes resultados.

Para  $r_p(0.05;2;40) = 2.858$  el  $R_{p(2)} = 5.152$ .

Para  $r_p(0.05;3;40) = 3.006$  el  $R_{p(3)} = 5.419$ .

Para  $r_p(0.05;4;40) = 3.102$  el  $R_{p(4)} = 5.592$ .

- La diferencia de Promedios de los grupos son los que se muestra en la Tabla 126

**Tabla 126.** Diferencia de Promedios por Grupos - a/c:0.25.

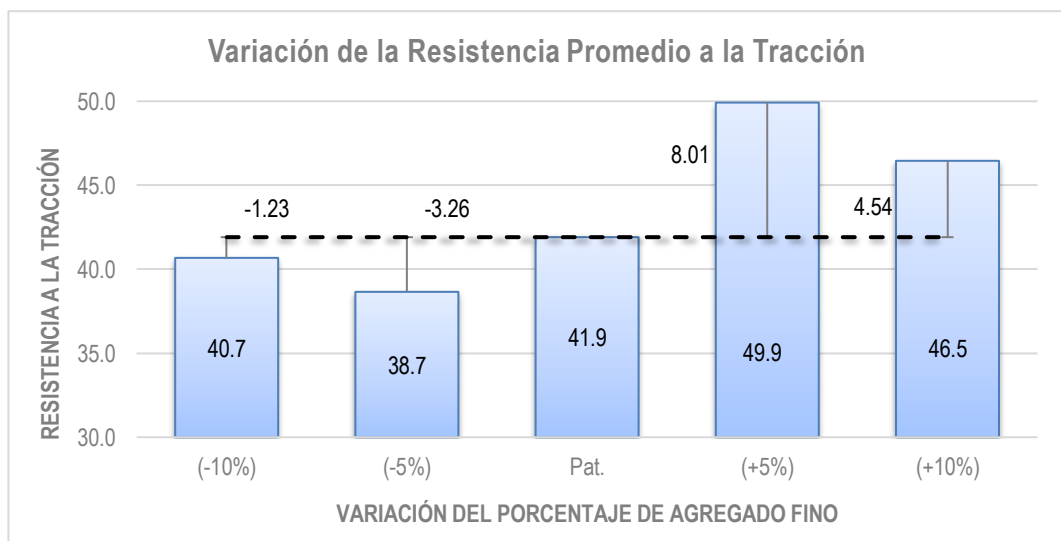
DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.25					
Variación de agregados en los Diseños de mezcla.	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
(-10%)		2.02	1.23	9.24	5.78
(-5%)	-		3.26	11.27	7.80
Pat.	-	-		8.01	4.54
(+5%)	-	-	-		3.47
(+10%)	-	-	-	-	

Se observa que la variación de agregados en (+10%), (-10%) y (-5%) con respecto al diseño Pat son 5.54, 1.23 y 3.26 respectivamente son menores que 5.151, el rango de menor significancia.

Para una variación de (+5%) con respecto al diseño Pat. Es de 8.01, mayor a 5.151 el rango de menor significancia.

Los resultados obtenidos con la prueba de Duncan no difieren la gráfica mostrada de la variación de la resistencia a la Tracción. Por lo tanto, los resultados son aceptables estadísticamente.

**Figura 103.** Resistencia Promedio según  $\Delta$  % A.f. - a/c:0.25.



En la Figura 103 se observa que, para una variación del agregado fino en (+5%) y (+10%) aumenta en 8.01 kg/cm<sup>2</sup> y 4.54 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al diseño Pat. Para una variación del agregado fino en (-10%) y (-5%) se tiene una disminución en 1.23 kg/cm<sup>2</sup> y 3.26 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 127.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Tracción - a/c:0.25

ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS				
A/C: 0.25				
$\Delta$ DEL A. f.	% DE FINOS	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
(-10% A.f.)	38%	40.68	97.06%	-2.94%
(-5% A.f.)	43%	38.66	92.23%	-7.77%
D.P.	48%	41.91	100.00%	---
(+5% A.f.)	53%	49.92	119.11%	19.11%
(+10% A.f.)	58%	46.46	110.84%	10.84%

De la tabla 127, al aumentar en 5 y 10% el A.f., aumenta la resistencia a la tracción de 10 a 19%, caso contrario, si disminuye la cantidad de A.f., todo esto con respecto al diseño patrón.

### 6.2.2 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30

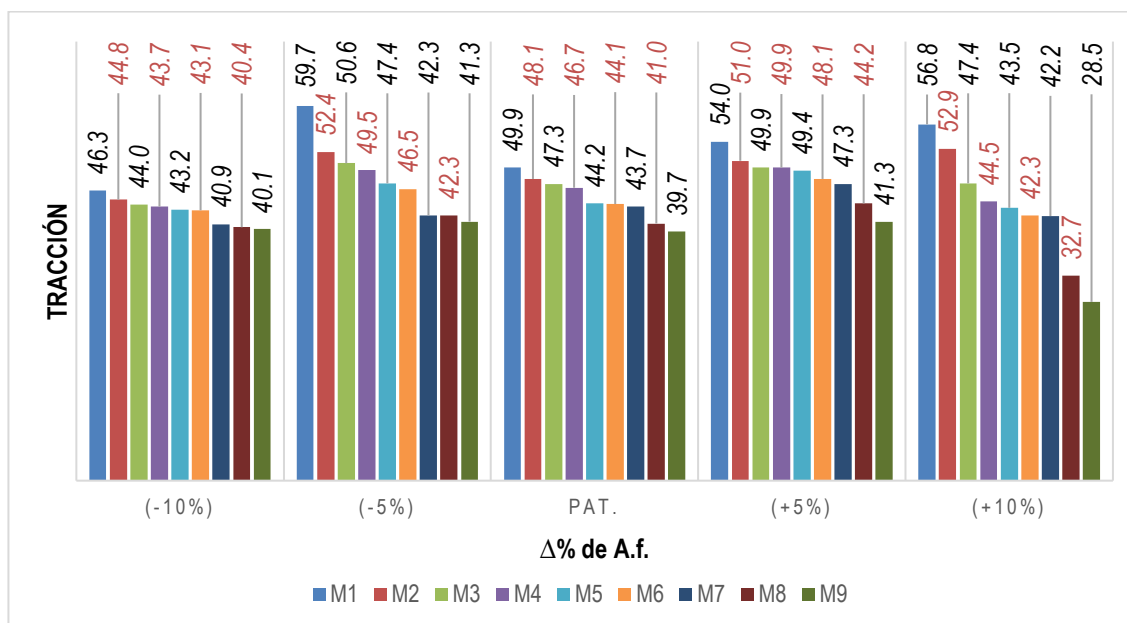
En la tabla 128, se tiene los valores de los ensayos realizados a los 28 días de la relación a/c 0.30 de acuerdo a la variación de agregados finos.

**Tabla 128.** Tracción (T) a los 28 días - Relación a/c=0.30.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.30					
DIAS	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28	46.3	59.7	49.9	54.0	56.8
	44.8	52.4	48.1	51.0	52.9
	44.0	50.6	47.3	49.9	47.4
	43.7	49.5	46.7	49.9	44.5
	43.2	47.4	44.2	49.4	43.5
	43.1	46.5	44.1	48.1	42.3
	40.9	42.3	43.7	47.3	42.2
	40.4	42.3	41.0	44.2	32.7
	40.1	41.3	39.7	41.3	28.5



**Figura 104.** Resistencia a la Tracción (T) a los 28 días - Relación a/c:0.30.



**Tabla 129.** Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Tracción (T)) A.f. - a/c:0.30.

RESUMEN	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28					
Cuenta	9	9	9	9	9
Suma	386,44	431,96	404,64	435,02	390,85
Promedio	42,94	48,00	44,96	48,34	43,43
Varianza	4,38	34,79	11,13	14,09	78,07

**Tabla 130.** Análisis de Varianza (resistencia a la Tracción (T))- Relación a/c:0.30.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	229.20	4	57.30	2.01	0.11	2.61
Dentro de los grupos	1141.10	40	28.53			
Total	1370.30	44				

De acuerdo a la tabla del análisis de varianza, el cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ , se obtiene una probabilidad de 0.11; lo cual comparando se tiene que 0.05 es menor a 0.11 y se determina aceptar la Hipótesis Nula (Ho), que considera que la variación de

porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con respecto al diseño patrón, y rechazar la Hipótesis Alternativa (Ha).

**Tabla 131.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Tracción - a/c:0.30

ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS				
A/C: 0.30				
$\Delta$ DEL A. f.	% DE FINOS	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
(-10% A.f.)	38%	42.94	95.50%	-4.50%
(-5% A.f.)	43%	48.00	106.75%	6.75%
D.P.	48%	44.97	100.00%	---
(+5% A.f.)	53%	48.34	107.51%	7.51%
(+10% A.f.)	58%	43.42	96.57%	-3.43%

De la tabla 131, la resistencia a la tracción aumenta de 6 a 7% con respecto al diseño patrón, variando en  $\pm 5\%$  la cantidad de A.f.; caso contrario para la variación de  $\pm 10\%$ .

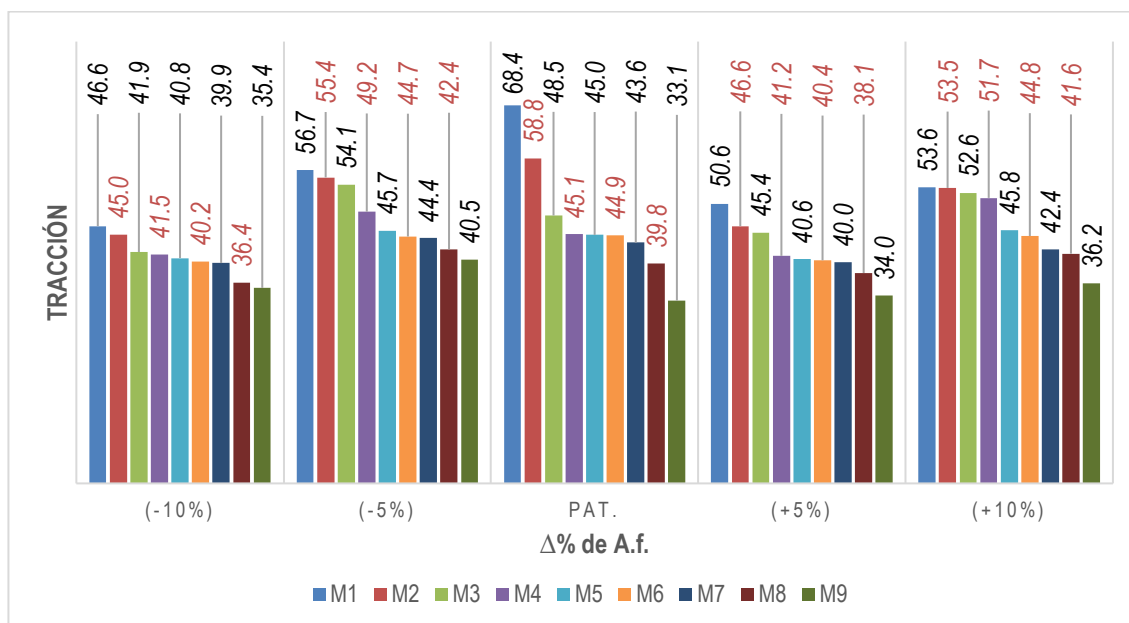
### 6.2.3 DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35

En la tabla 132, se tiene los valores de los ensayos realizados a los 28 días de la relación a/c 0.35 de acuerdo a la variación de agregados finos.

**Tabla 132.** Tracción (T) a los 28 días - Relación a/c=0.35.

DISEÑO DE MEZCLA RELACIÓN A/C:0.35					
DIAS	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28	46.6	56.7	68.4	50.6	53.6
	45.0	55.4	58.8	46.6	53.5
	41.9	54.1	48.5	45.4	52.6
	41.5	49.2	45.1	41.2	51.7
	40.8	45.7	45.0	40.6	45.8
	40.2	44.7	44.9	40.4	44.8
	39.9	44.4	43.6	40.0	42.4
	36.4	42.4	39.8	38.1	41.6
	35.4	40.5	33.1	34.0	36.2

**Figura 105.** Resistencia a la Tracción (T) a los 28 días - Relación a/c:0.35.



**Tabla 133.** Resumen de la Variación de Dosificación (Resistencia a la Tracción (T)) A.f. - a/c:0.35.

RESUMEN	(-10%)	(-5%)	Pat.	(+5%)	(+10%)
28					
Cuenta	9	9	9	9	9
Suma	367.65	433.05	427.16	377.10	422.30
Promedio	40.85	48.12	47.46	41.90	46.92
Varianza	12.87	35.57	108.52	24.36	39.13

**Tabla 134.** Análisis de Varianza (Resistencia a la Tracción (T))- Relación a/c:0.35.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	417.59	4	104.40	2.37	0.07	2.61
Dentro de los grupos	1761.82	40	44.05			
Total	2179.41	44				

De acuerdo al cuadro de análisis de varianza, el cual se ha considerado un nivel de significancia del 95% equivalente a  $\alpha = 1 - 0.95 = 0.05$ , se obtiene una probabilidad de 0.07; lo cual comparando se tiene que 0.05 es menor a 0.07 y se determina aceptar la Hipótesis Nula (Ho), que considera que la variación de

porcentaje de agregados finos y gruesos no modifica al concreto elaborado con respecto al diseño patrón, y rechazar la Hipótesis Alterna (Ha).

**Tabla 135.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) en Tracción - a/c:0.35

ENSAYO DE TRACCIÓN A 28DIAS				
A/C: 0.35				
$\Delta$ DEL A. f.	% DE FINOS	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
(-10% A.f.)	38%	40.86	86.07%	-13.93%
(-5% A.f.)	43%	48.12	101.38%	1.38%
D.P.	48%	47.47	100.00%	---
(+5% A.f.)	53%	41.88	88.23%	-11.77%
(+10% A.f.)	58%	46.91	98.83%	-1.17%

De la tabla 135, la resistencia a la tracción aumenta en 1.38%, variando en -5% la cantidad de A.f., caso contrario en todas las demás variaciones.

### 6.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto a la bibliografía revisada “Influencia de la cantidad de agregado más fino que pasa la malla N°100 en la resistencia mecánica del concreto de baja y mediana resistencia fabricado con cemento tipo I andino”. Donde se varia la cantidad de agregado fino en +4% y +10% en concretos de baja y mediana resistencia para relación de a/c:0.55, 0.60, 0.65 y 0.70 a los 28 días; muestran qué, la resistencia Promedio a la compresión varia del 5 al 24 % con respecto a la relación de a/c:0.55.

Para lo estudiado, en relaciones de a/c: 0.25,0.30 y 0.35, la resistencia a la compresión se manifiesta de la siguiente manera, mostradas en las tablas siguientes, donde se describen la variación del agregado fino con respecto a la relación de a/c.

**Tabla 136.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un  $\Delta$  A.f. en (-10%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS		
	38% (-10% de A.f.)		
	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	604.93	100.00%	
0.30	569.51	94.14%	5.86%
0.35	450.24	74.43%	25.57%

**Tabla 137.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un  $\Delta$  A.f. en (-5%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS		
	43% (-5% de A.f.)		
	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	644.64	100.00%	
0.30	621.71	96.44%	3.56%
0.35	574.96	89.19%	10.81%

**Tabla 138.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para el Diseño Patrón.

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS		
	48% (Diseño Patrón)		
	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	642.01	100.00%	
0.30	650.84	101.38%	1.38%
0.35	566.00	88.16%	11.84%

**Tabla 139.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un  $\Delta$  A.f. en (+5%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS		
	53% (+5% de A.f.)		
	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	641.86	100.00%	
0.30	622.27	96.95%	3.05%
0.35	532.23	82.92%	17.08%

**Tabla 140.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Compresión, para un  $\Delta$  A.f. en (+10%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE COMPRESIÓN A 28 DIAS		
	58% (+10% de A.f.)		
	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	625.54	100.00%	
0.30	536.19	85.72%	14.28%
0.35	512.52	81.93%	18.07%

Donde las relaciones de a/c:0.30 y 0.35, sufren una variación de resistencia a la compresión, en todos los casos de 3% a 18% con respecto a la relación de a/c:0.25.

De la misma bibliografía, la resistencia a la tracción, para una variación del +4% y +10%, varía de 11% al 23% con respecto a la relación de a/c:0.55.

Para el presente estudio, dicha variación se muestra en las siguientes tablas

**Tabla 141.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Tracción, para un  $\Delta$  A.f. en (-10%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS		
	38% (-10% de A.f.)		
	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	40.68	100.00%	
0.30	42.94	105.57%	5.57%
0.35	40.86	100.44%	0.44%

**Tabla 142.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Tracción, para un  $\Delta$  A.f. en (-5%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS		
	43% (-5% de A.f.)		
	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	38.66	100.00%	
0.30	48.00	124.17%	24.17%
0.35	48.12	124.49%	24.49%

**Tabla 143.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Tracción, para el Diseño Patrón.

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS		
	48% (Diseño Patrón)		
	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	41.91	100.00%	
0.30	44.97	107.29%	7.29%
0.35	47.47	113.26%	13.26%

**Tabla 144.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Tracción, para un  $\Delta$  A.f. en (+5%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS		
	53% (+5% de A.f.)		
	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	49.92	100.00%	
0.30	48.34	96.84%	3.16%
0.35	41.88	83.89%	16.11%

**Tabla 145.** Variación Porcentual ( $\Delta\%$ ) de la Tracción, para un  $\Delta$  A.f. en (+10%).

RELACIÓN A/C	ENSAYO DE TRACCIÓN A 28 DIAS		
	58% (+10% de A.f.)		
	TRACCIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	VARIACIÓN PORCENTUAL ( $\Delta$ %)
0.25	46.46	100.00%	
0.30	43.42	93.47%	6.53%
0.35	46.91	100.98%	0.98%

Donde la resistencia a la tracción varía del 0.4% al 24% con respecto a la relación de a/c:0.25.

## CONCLUSIONES

1. Para la presente investigación reduciendo la cantidad de agregado fino en 5% y 10% se puede aumentar la trabajabilidad del concreto, en todas las relaciones de agua - cemento; reduciendo solo en 5 % el agregado fino, aumenta la resistencia del concreto. Pero a la vez el concreto se vuelve más denso por la presencia del agregado grueso.
2. En todos los casos cuando disminuye en 5 y 10% la cantidad de agregado fino, aumenta el Slump, peso unitario compactado y tiempo de fraguado, para las relaciones de a/c:0.25 y 0.30; salvo el caso para un a/c:0.35, donde disminuye; pero el peso unitario compactado mantiene su tendencia a aumentar.
3. La variación de agregado fino en  $\pm 10\%$  para todos los casos, alteran considerablemente la resistencia, tanto en compresión y en tracción.
4. Para una relación de a/c:0.25 y 0.35, el disminuir en 5% el agregado fino, aumenta la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, salvo para un a/c:0.30 donde la variación en  $\pm 5\%$ , tiende a disminuir.
5. Para una relación de a/c:0.25, el disminuir en 5% el agregado fino, la tracción aumenta su resistencia, para 0.35 estadísticamente presenta igual resistencia y para 0.30 el variar en  $\pm 5\%$  tiende a aumentar su resistencia; todos ellos con respecto al diseño patrón.
6. El correcto desarrollo y seguimiento de la norma y óptima ejecución del ensayo, genera un grado de confiabilidad en los resultados obtenidos; tales como almacenar correctamente los agregados, cemento y aditivo, protegiéndolos de los factores externos y cuidando la fecha de envasado de los productos industriales adquiridos, son aspectos que ayudaron a la presente investigación.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar la investigación para concretos de alta resistencia con a/c:0.20,0.25,0.30 y 0.35 con Slump menores a 3", así mismo ampliar la investigación con otras formas y texturas de agregados para tener conocimiento de la influencia en el concreto.
2. Se recomienda evaluar el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido para concretos de alta resistencia utilizando materiales de otras canteras, cemento de categoría diferente, y aditivos, añadiendo componentes, que puedan remplazar la estructura del concreto.
3. Se recomienda evaluar el mismo comportamiento, usando métodos de diseño de mezcla para concreto, diferente al usado en la presente investigación.
4. Se recomienda ampliar la cantidad de ensayos de probetas a tracción, para obtener valores que puedan graficar mejor el comportamiento de la tracción en el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. NORMAS TECNICAS, AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras NTP 400.010, Lima, 2020
2. NORMAS TECNICAS, AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados, para uso en morteros y concretos. NTP 400.011 Lima, 2020
3. NORMAS TECNICAS, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. NTP 400.012, Lima, 2021.
4. NORMAS TECNICAS. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. NTP 400.017, Lima, 2020.
5. NORMAS TECNICAS, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa ("Peso específico) y absorción del agregado grueso. NTP 400.021, Lima, 2020.
6. NORMAS TECNICAS, AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. NTP 400.037, Lima, 2021.
7. NORMAS TECNICAS, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. NTP 400.022, Lima, 2021.
8. NORMAS TECNICAS, CONCRETO. Medición del aislamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo 5ta Edición, NTP 339.035, Lima, 2022.
9. NORMA TECNICAS, CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 3ra edición, NTP 339.046, Lima, 2019.
10. NORMAS TECNICAS, CONCRETO. Definiciones y terminologías relativas al concreto y agregados 4ta Edición. NTP 339.047, Lima, 2021.
11. NORMAS TECNICAS, CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración 4ta Edición, NTP 339.082, Lima, 2017.
12. Danny Jonathan Guevara Perez, "*VARIACION DEL TIEMPO DE COLOCACION DE CONCRETOS DE MEDIANA Y ALTA RESISTENCIA UTILIZANDO CEMENTO TIPO I Y UN ADITIVO RETARDANTE*", Tesis de Grado UNI – FIC, Lima, 2017.

13. Victor Michael Morales Alejandre, *“ESTUDIOS DE CONCRETOS DE ALTA DURABILIDAD”*, Tesis de Grado Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 2015
14. Contreras Delgado Weeder Alexander, *"INFLUENCIA DE LA FORMA Y TEXTURA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA OLANO EN LA CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EL DISTRITO DE JAEN- CAJAMARCA "*, Tesis de Grado Universidad Nacional De Cajamarca, Jaén, 2014.
15. Santa Cruz Balta Nila Magali, *"INFLUENCIA DE LA CANTIDAD DE AGREGADO MAS FINO QUE PASA LA MALLA N°100 EN LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO DE BAJA Y MEDIANA RESISTENCIA FABRICADO CON CEMENTO TIPO I ANDINO"*, Tesis de Grado UNI - FIC, Lima, 2001

## ANEXOS

### Anexo A Ficha técnica del Cemento Sol - Tipo I. (Capítulo 2.2; pág. 29)

CEMENTO SOL

## Ficha Técnica

---

# CEMENTO SOL

---

**Descripción:**

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

---

**Beneficios:**

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

---

**Usos:**

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajes, enchapes de mayólicas y otros materiales.

---

**Características Técnicas:**

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

---

**Formato de Distribución:**

- **Bolsas de 42.5 Kg:** 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- **Granel:** A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.

---



### Recomendaciones

**Dosificación:**

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

**Manipulación:**

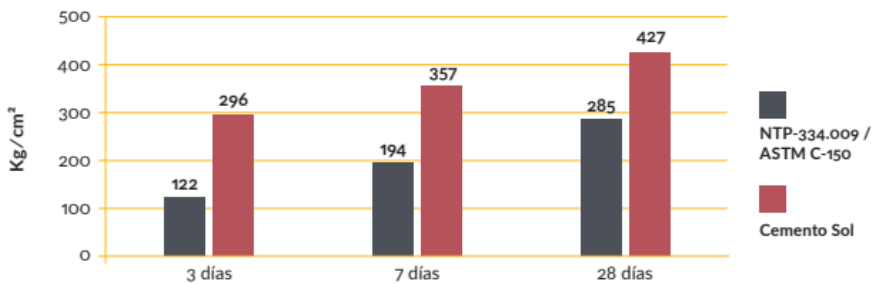
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

**Almacenamiento:**

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

### Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional

## Anexo B Ficha Técnica del Aditivo Superplastificante Z Fluidizante SR-1000. (Capítulo 2.4; pág. 29)



EL MEJOR AMIGO DEL CONCRETO

Lima: Av. Los falsanes N° 675 Urb. La Campiña - Chorrillos.  
Telf.: (01) 2523058 Cel.: 998 128 514/ 996 330 130

Hoja Técnica - Edición 20 - Versión 03.20

Plastificantes / Superplastificantes / Reductores de agua

### Z Fluidizante SR-1000

**Descripción:** Aditivo súperplastificante a base de policarboxilatos de última generación especialmente diseñado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad. Cumple con las normas ASTM C 494, Tipo A, F. No contiene cloruro, no es tóxico y no es inflamable.

#### Ventajas

- Extremadamente alta reducción de agua, generando una alta resistencia, densidad e impermeabilidad del concreto
- Incremento del desarrollo de resistencia inicial
- No necesita aumentar el contenido de agua y cemento por m<sup>3</sup>.
- Disminuye la formación de cangrejas.
- Permite que el concreto obtenga la consistencia necesaria para que sea bombeable.
- Permite que el concreto se acomode mejor a la armadura de acero.
- Disminuye la energía de compactación para la eliminación de vacíos (menor vibrado para compactación).
- Dependiendo de la dosificación y diseño de mezclas se puede obtener mezclas fluidas (slump entre 6" a 9").
- Optimiza la cohesividad durante el mezclado del concreto.

#### Rentabilidad

- Al utilizarlo con la finalidad de reducir agua en el diseño de mezcla se puede ahorrar costos de cemento sin alterar la resistencia de diseño.
- Las propiedades plastificantes que aporta a la mezcla permiten disminución de costos en manipuleo, colocación.
- Evita cangrejas y con ello gastos adicionales en reparación de concreto luego de desencofrado.
- Permite una menor compactación permitiendo ahorro en costos de vibrado.

La rentabilidad dependerá del buen uso del producto realizando los respectivos reajustes según su diseño y requerimientos del producto final.

#### Usos

Aditivo súperplastificante y reductor de agua en toda mezcla de concreto. De fácil colocación donde se desee reducir un 10% a 30% de agua (opcional), trae a su vez el aumento de resistencia y durabilidad.

Correo: [cotizacion@aditivos.com.pe](mailto:cotizacion@aditivos.com.pe) | [ventas@aditivos.com.pe](mailto:ventas@aditivos.com.pe) | Página web : [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

Av. San Luis 3051 - San Borja Tel. (01) 715 5745 - 998 288 456 | Av. Elmer Faucett 1631 - Callao Tel. (01) 715 5770 - 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505 Urb. San Eduardo Tel. (074) 223 718 - 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744 Tel. (061) 573 591 - 998 128 495

Plura: Av. Bolognesi 311 Int.3 Tel. (073) 321 480 - 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344 Tel. (073) 509 408 - 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq Tel. (084) 257 111 - 994 086 746

Arequipa: Calle Paucarpatá 323A - Cercado Telf. (054) 203 388 - 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 618 Urb. Palermo Tel. (044) 425 548 - 998 127 657



EL MEJOR AMIGO DEL CONCRETO

Lima: Av. Los faisanes N° 675 Urb. La Campiña - Chorrillos.  
Telf.: (01) 2523058 Cel.: 998 128 514/ 996 330 130

Hoja Técnica - Edición 20 - Versión 03.20

#### Aplicación

- Se recomienda diluirlo con la última parte del agua de la mezcla para optimizar su dispersión durante el mezclado.
- Agítese antes de usar.

#### Cuidados

- Utilizar buenos agregados y un diseño adecuado.
- De acuerdo a las condiciones climatológicas la dosificación del producto puede variar, así como también el slump.
- Para determinar el slump deseado, hacer pruebas en el campo.

#### Densidad

1.09 ± 0.02 Kg. / L

#### Rendimiento

De 0.2% a 1.5% sobre el peso del cemento.

Estas dosificaciones dependerán del tipo de diseño del concreto a emplear en cada proyecto específico como también de las condiciones climáticas.

#### Envases

- 1 Galón; 5 Galones, 55 Galones, 1000 litros.
- Peso x galón: 4.126Kg = 3.785 L
- Tiempo de Almacenamiento: 1 año en su envase original, bajo sombra.

#### Seguridad

- Al momento de utilizar el producto, utilizar guantes de nitrilo, gafas protectoras y mascarilla bucal por precaución.
- Evite en contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias.
- En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico

Correo: [cotizacionezaditivos.com.pe](mailto:cotizacionezaditivos.com.pe) | [ventaszezaditivos.com.pe](mailto:ventaszezaditivos.com.pe) | Página web : [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

Av. San Luis 3051 - San Borja Tel. (01) 715 5745 - 998 288 456 | Av. Elmer Faucett 1631 - Callao Tel. (01) 715 5770 - 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505 Urb. San Eduardo Tel. (074) 223 718 - 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744 Tel. (061) 573 591 - 998 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311 Int.3 Tel. (073) 321 480 - 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344 Tel. (073) 509 408 - 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Tito Condemayta 1032 - Wanchaq Tel. (084) 257 111 - 994 086 746

Arequipa: Calle Paucarpata 323A - Cercado Telf. (054) 203 388 - 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818 Urb. Palermo Tel. (044) 425 548 - 998 127 657

**Anexo C Ensayo granulométrico del Agregado Fino (Capítulo 3.1; pág. 30)**

Se recoge el material mezclado de la muestra del agregado y se procede a pesar 500 g, se ordena los tamices del ensayo en los órdenes mostrados a continuación.

**Figura 106. Tamiz de Ensayo para Agregados Finos. (Capítulo 3.1; pág. 31).**



Una vez vaciado la muestra se procede a encender la máquina que zarandea el material vertido durante 3 min.

**Figura 107. Ensayos del Agregado Fino (Capítulo 3.1; pág. 31).**





Luego se procede a retirar el material retenido en cada tamiz, para pesarlo y registrarlo en el formato de registro.

**Figura 108.** *Pesaje de los Materiales Retenidos en Cada Tamiz del Agregado Fino (Capítulo 3.1; pág. 31).*



**Anexo D Gradación Granulométrica Para Agregados Finos (NTP 400.037).**  
(Capítulo 3.1, pág. 31).

La NTP 400.037 establece límites establecidos para la gradación del agregado fino el cual se describe a continuación.

TAMIZ	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg).	100
4,75 mm (N°4)	95 a 100
2,36 mm (N°8)	80 a 100
1,18 mm (N°16)	50 a 85
600 $\mu$ m (N°30)	25 a 60
300 $\mu$ m (N°50)	05 a 30
150 $\mu$ m (N°100)	0 a 10

**Anexo E** Ensayo granulométrico del Agregado grueso (Capítulo 3.1; pág. 32).

Luego de tomar una muestra representativa del agregado grueso, se procede a pesar el material a ensayar en la maquina zarandadora de agregados gruesos mostrada en la figura 106.

**Figura 109.** Tamizadora de Agregado Grueso. (Capítulo 3.1; pág. 32).



Se vierte el material en el tamiz superior y se enciende durante 3 min, teniendo así separado los materiales.

**Figura 110.** Ensayo de Separación de tamaños del agregado grueso. (Capítulo 3.1; pág. 32).



Luego se procede a retirar el material retenido en cada tamiz y se pesa, para poder registrarlo en el formato de ensayo

**Figura 111.** Pesaje de los Agregados Retenidos en cada Malla del Agregado Grueso. (Capítulo 3.1; pág. 32).



**Anexo F Gradación Granulométrica para agregados Gruesos (NTP 400.037).  
(Capítulo 3.1; pág. 33).**

La NTP 400.037 establece límites para los diferentes HUSOS, los cuales se muestra en la tabla mostrada a continuación, la cual nos servirá para clasificar el agregado grueso

**TABLA 4 - Requisitos granulométricos del agregado grueso**

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	95 a 100	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	0 a 10	0 a 5	...	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

### **Anexo G** Ensayo del Peso Unitario Suelto (Capítulo 3.2; pág. 33)

Después de secar la muestra de arena gruesa durante 24 horas, se procede a mezclar y tomar una muestra representativa del material.

**Figura 112.** Muestra Representativa del Agregado Fino. (Capítulo 3.2; pág. 33)



Para ello se mezcla y se divide en 4 porciones de semejante volumen (cuarteo), el cual se elegirá uno como muestra para el ensayo.

**Figura 113.** Cuarteo del Agregado Fino. (Capítulo 3.2; pág. 33)



Dicho procedimiento se realizará, tanto para la arena gruesa, como para la piedra chancada.

**Figura 114.** Cuarteo del Agregado Grueso. (Capítulo 3.2; pág. 33)



Luego se procede a pesar el balde de 1/10 pie<sup>3</sup> para llenarlo con la piedra chancada, enrasando al final, para luego pesarlo.

**Figura 115.** Pesaje del Material de Agregado Fino en Estado Suelto. (Capítulo 3.2; pág. 33)



Para el agregado grueso se pesó y lleno el balde de 1/3 pie<sup>3</sup>, para luego pesarlo.

**Figura 116.** Pesaje del Material del Agregado Grueso en Estado Suelto. (Capítulo 3.2; pág. 33)





### **Anexo H Ensayo del Peso Unitario Compactado (Capítulo 3.3; pág. 34)**

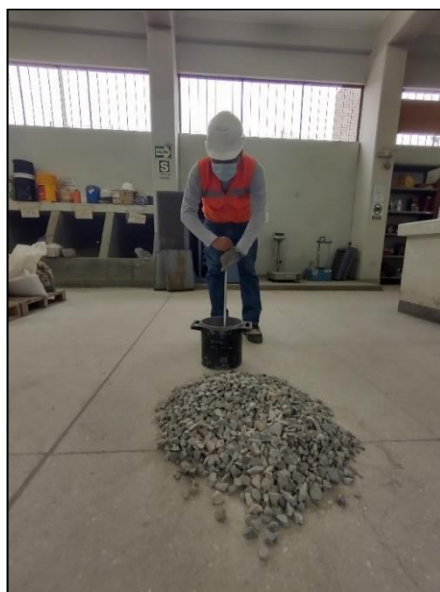
Para este ensayo se procede a llenar la arena gruesa en el balde de 1/10 pie<sup>3</sup> en dos capas de 25 golpes con una varilla lisa de 5/8", enrasando al final y pesándolo.

**Figura 117.** Compactado del Agregado Fino. (Capítulo 3.3; pág. 34)



Para el agregado grueso se procede a llenar el balde de 1/3 pie<sup>3</sup>, en tres capas de 25 golpes, enrasando al final y para luego ser pesado.

**Figura 118.** Compactado del Agregado Grueso. (Capítulo 3.3; pág. 34)



**Anexo I Ensayo del Contenido de Humedad de los agregados (Capítulo 3.4;  
pág. 35)**

Se procede a tomar una muestra representativa del agregado fino y grueso en estado natural, para luego secarlo mediante calor en el horno durante 24 horas. Finalmente se procede a pesar y registrar el nuevo peso.

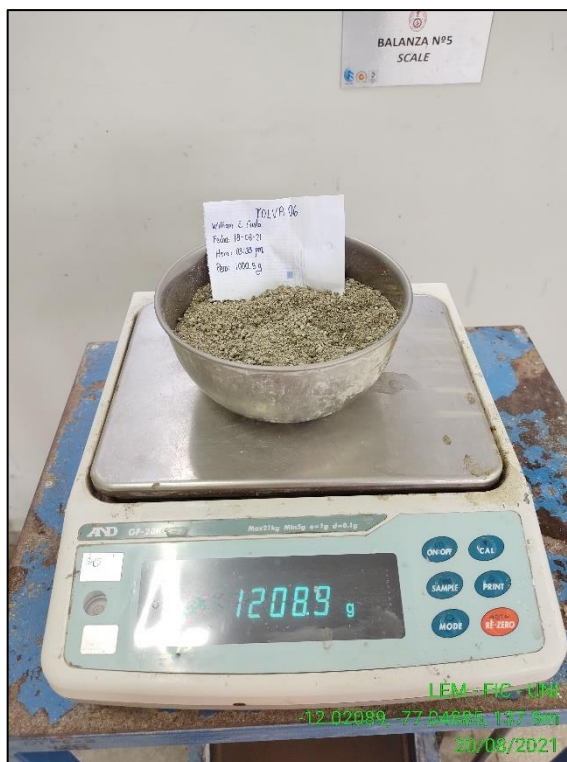
**Figura 119.** Muestra de Agregado Fino para el Cálculo de Contenido de Humedad. (Capítulo 3.4;  
pág. 35)



**Figura 120.** Secado al Horno del Agregado Grueso y Fino. (Capítulo 3.4; pág. 35)



**Figura 121.** Muestra del Agregado Fino después de 24 en el Horno.



### **Anexo J** Ensayo de Absorción de los agregados (Capítulo 3.5; pág. 35)

Se sumerge los agregados en agua con el fin de saturarlos, durante 24 horas llenado así los espacios vacíos.

**Figura 122.** Muestra de la Arena Gruesa en Estado Natural. (Capítulo 3.5; pág. 35)



Luego se procede a retirar el agua y dejar a la intemperie, hasta que adquiera el estado de superficialmente seco.

Se toma una muestra de este material en este estado, para luego secarlo mediante calor en el horno durante 24 horas.

Finalmente, retiramos del horno las muestras y registramos los pesos.

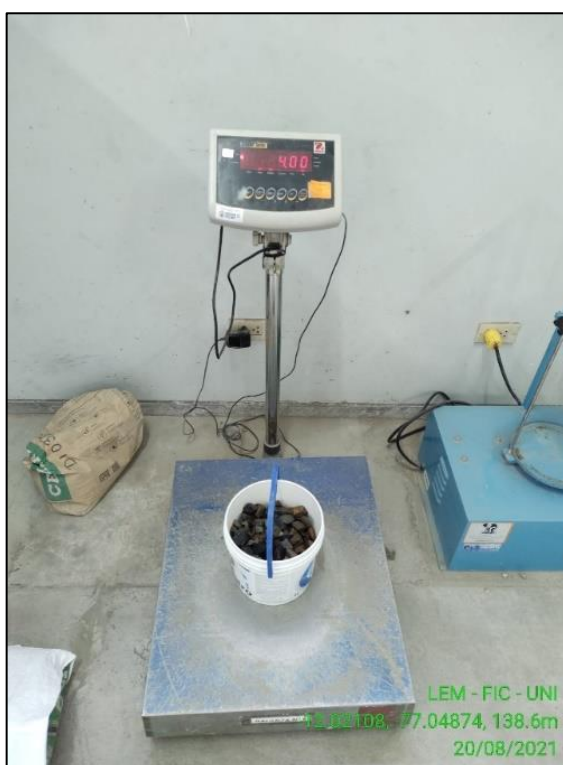
**Figura 123.** Peso de la Muestra de Arena Gruesa Seca al Horno después de 24 Horas. (Capítulo 3.5; pág. 35)



**Anexo K** *Ensayo del Peso Específico del Agregado Grueso (Capítulo 3.6; pág. 36)*

Para esta muestra se saturó el agregado grueso durante 24 horas, para luego secarlo mediante una franela seca y llevarlo a su condición de saturado superficialmente seco. De la muestra se pesa 400g de material.

**Figura 124.** *Muestra del Agregado Grueso Saturado para el Peso Específico (Capítulo 3.6; pág. 36)*



Finalmente se pesa el mismo material, pero sumergido en agua. Con esto obtenemos el peso específico del agregado.

**Figura 125.** Ensayo de Medición del Agregado Grueso en Agua. (Capítulo 3.6; pág. 36)



**Anexo L. Ensayo del Peso Específico del Agregado Fino (Capítulo 3.6; pág. 36)**

Después de saturar la arena gruesa durante 24 horas, se procede a secar a la intemperie, para obtener la condición de estado superficialmente seco.

**Figura 126. Muestra de la Arena Gruesa Saturada.**



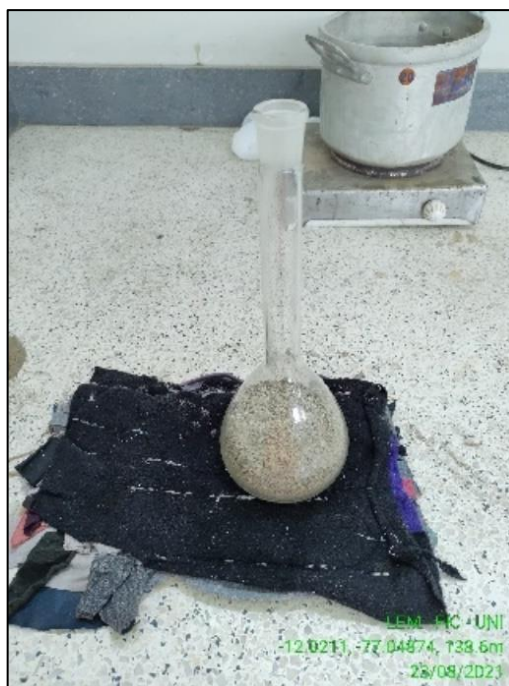
**Figura 127. Arena Gruesa Superficialmente Saturada**



Luego se procede a llenar 500g de arena gruesa en la fiola de peso y volumen definido.



**Figura 128.** Llenado de la Fiola con Arena Superficialmente Saturada.



Se procede a llenar con agua la fiola y el material dentro. Se procede a agitar la fiola para mezclar el agua con la arena. Finalmente se procede a registrar el peso.

**Figura 129.** Peso de la Arena Gruesa + Agua + Fiola



### **Anexo M** Ensayo del Diseño de Mezcla (Capítulo 4; pág. 38)

Para este ensayo se procedió a mezclar la arena gruesa con la piedra chancada en proporciones de 45,50 y 55 % , el cual nos dara diferente dosificaciones de PUC

Después de tomar una muestra por cada porcentaje de agregado se procede a llenar el balde de 1/3 pie<sup>3</sup> en tres capas chuseadas con una varilla de 5/8" , para finalmente ser pesado. Este procedimiento se repite para cada diferente porcentaje

**Figura 130.** Mezcla de los Porcentajes de Agregados para Encontrar en Punto de Máxima Compacidad. (Capítulo 4; pág. 38)



**Figura 131.** Llenado del Balde en 3 capas de 25 golpes. (Capítulo 4; pág. 38)



**Figura 132.** Enrasado del Material mezclado. (Capítulo 4; pág. 38)



**Figura 133.** Pesaje de del Material Mezclado y Compactado. (Capítulo 4; pág. 38)



### **Anexo N** *Ensayo del Asentamiento (Slump) (Capítulo 5.1.1; pág. 44)*

De la muestra de concreto en estado fresco se procede a llenar el cono de abrams en tres capas, chuseando con 25 golpes por cada capa y enrasando al final para luego levantar lentamente y medir el asentamiento que tiene.

**Figura 134.** *Slump de la Mezcla de Concreto, Según Diseño (Capítulo 5.1.1; pág. 44)*



**Anexo O Ensayo del Peso Unitario en Estado Fresco. (Capítulo 5.1.2; pág. 48)**

Se procede a mezclar las dosificaciones para cada diseño de a/c.

**Figura 135. Mezclado del Concreto para los Diseños de a/c: 0.25,0.30 y 0.35. (Capítulo 5.1.2; pág. 48)**



Se procede a pesar el balde de 1/3 pie<sup>3</sup> utilizado para estos ensayos.

**Figura 136. Peso del Balde 1/3 pie<sup>3</sup>. (Capítulo 5.1.2; pág. 48)**



Se recoge el concreto en estado fresco y se procede a llenar el balde de 1/3 pie<sup>3</sup> en tres capas, chuseando con 25 golpes cada capa.

**Figura 137.** Llenado y Compactado del Concreto. (Capítulo 5.1.2; pág. 48)



Después de enrasar el balde, se procede a pesar y registrar los datos.

**Figura 138.** Peso del Concreto en Estado Fresco. (Capítulo 5.1.2; pág. 48)



**Anexo P Ensayo del Fraguado en estado Fresco. (Capítulo 5.1.3; pág. 51)**

Parte de la mezcla de concreto se procede a llevarlo a la mesa vibradora donde se retirará el agregado grueso, para tener la pasta del concreto.

**Figura 139. Separación de la Pasta de Concreto, con la Mesa Vibradora. (Capítulo 5.1.3; pág. 51)**



Se llena los moldes cilíndricos de 150 mm de altura, dejando 1" libre antes del borde.

**Figura 140. Llenado de Recipiente para el Ensayo de Fraguado. (Capítulo 5.1.3; pág. 51)**



Después de 3 horas aproximadamente del mezclado de concreto se procede a ensayar con la primera aguja de 1", este ensayo se realiza hasta obtener un valor cercano a 500, y termina hasta llegar al valor de 4000 con la aguja de 1/40", registrando todos los datos en intervalos de periodos semejantes.

**Figura 141.** Equipo de Medición de la Resistencia a la Penetración del Mortero de Concreto.

(Capítulo 5.1.3; pág. 51)



**Figura 142.** Ensayo de Resistencia a la Penetración en el Tiempo. (Capítulo 5.1.3; pág. 51)





**Anexo Q** *Ensayo del Concreto a compresión a los 7, 14 y 28 Días. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)*

Después de realizar el mezclado de las dosificaciones del concreto para cada relación de a/c, se procede a llenar en moldes cilíndricos de 4"x8".

**Figura 143.** *Llenado y Compactado del Concreto en Probetas de 4" x 8". (Capítulo 5.2.1; pág. 95)*



Para luego ser trasladado a las piscinas de agua, donde se realizará el curado.

**Figura 144.** *Curado de las Probetas de Concreto. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)*



Previo al ensayo de rotura, se procede a tomar las dimensiones de las probetas con el vernier tanto el diámetro (2 medidas) y en alto (2 medias).

**Figura 145.** Medición del Diámetro de las Probetas a Ensayar. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)



**Figura 146.** Medición de la Altura de las Probetas de Concreto. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)



**Figura 147.** Ensayo de las Probetas a Compresión Axial. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)



**Figura 148.** Rotura de las Probetas de Concreto a Compresión Axial. (Capítulo 5.2.1; pág. 95)



## Anexo R Ensayo del concreto a Tracción a los 7, 14 y 28 Días. (Capítulo 5.2.2; pág. 121)

Figura 149. Ensayo a Tracción de las Probetas. (Capítulo 5.2.2; pág. 121)



Figura 150. Estado tras Finalizado, los Ensayos a Tracción de las Probetas de Concreto. (Capítulo 5.2.2; pág. 121)



**Anexo S Cuadro de Rangos Mínimos Significativos de Duncan (Capítulo 6; pág. 148)**

G.L	$\alpha = 0,05$								
	p								
ERROR	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970	17.970
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314
Inf	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294