

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



TESIS

**“ESTUDIO DEL CONCRETO CON ADITIVO ACELERANTE Y
CEMENTO PORTLAND TIPO I”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR
JORGE ZARATE VILLAVICENCIO**

**ASESOR
Ing. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELU**

**Lima – Perú
2022**

© 2022, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, todos los derechos reservados “El autor autoriza a la UNI a reproducir de la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos”.

Zárate Villavicencio, Jorge

jorgezatev@yahoo.com

996 181 474

DEDICATORIA

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento al Ing. Carlos Armando Barzola Gastelú, mi Asesor de Tesis, por sus consejos y compartir sus conocimientos y experiencia, Académica y Profesional de la Industria de la Construcción. Mi gratitud eterna al Ing.

Agradezco infinitamente a todo el personal del Laboratorio de Ensayo de Materiales LEM – UNI por permitirme utilizar sus instalaciones y equipo, para la presente investigación y compartir sus conocimientos y experiencia.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
PRÓLOGO	6
LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	11
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 GENERALIDADES.....	12
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivo Específico.....	13
1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	13
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.2 MARCO CONCEPTUAL	20
2.2.1 Proceso de hidratación del cemento.....	20
2.2.2 Finura del Cemento	22
2.2.3 Calor de hidratación.....	23
2.2.4 Fraguado	26
CAPÍTULO III MATERIALES	27
3.1 CEMENTO PORTLAND.....	27
3.2 AGUA.....	27
3.3 ADITIVO	28
3.4 AGREGADOS.....	29
3.4.1 Agregado fino	29
3.4.2 Agregado grueso	34
3.4.3 Agregado global	38
CAPÍTULO IV DISEÑO DE MEZCLAS	42
4.1 DEFINICIÓN DE DISEÑO DE MEZCLAS	42
4.2 MEZCLA DE CONCRETO	42
4.3 DISEÑOS INICIALES DE LA MEZCLA DE CONCRETO	42
4.3.1 Cálculo del agua de diseño.....	43

4.3.2	Cálculo de la proporción óptima de agregados	45
4.4	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN	47
4.5	DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO ACELERANTE	48
	CAPÍTULO V PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	52
5.1	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	52
5.1.1	Asentamiento (NTP 339.035)	52
5.1.2	Peso unitario (NTP 339.046)	52
5.1.3	Contenido de aire (NTP 339.0831)	52
5.1.4	Exudación (NTP 339.077)	53
5.1.5	Tiempo de fraguado (NTP 339.082)	53
5.2	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	54
5.2.1	Ensayo de la resistencia a la compresión (NTP 339.034)	54
5.2.2	Ensayo de la resistencia a la tracción por compresión diametral (ASTM – C496)	55
	CAPÍTULO VI RESULTADOS.....	57
6.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO	57
6.1.1	Resultados de los ensayos del concreto fresco	57
6.1.2	Resultados de los ensayos del concreto endurecido	58
6.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS AGREGADOS	62
6.2.1	Agregado fino	62
6.2.2	Agregado grueso	63
6.2.3	Agregado global	63
6.3	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CONCRETO FRESCO	63
6.3.1	Asentamiento	64
6.3.2	Peso unitario	65
6.3.3	Contenido de aire	65
6.3.4	Exudación.....	66
6.3.5	Tiempo de fraguado.....	67
6.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO ...	68
6.4.1	Resistencia a la compresión	69
6.4.2	Resistencia a la tracción por compresión diametral	73
6.4.3	Módulo elástico.....	78
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	85

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (M/N).....	86
ANEXOS	88

RESUMEN

En esta investigación se explica la utilización del aditivo acelerante que tiene en las propiedades del concreto con cemento portland tipo I.

Ante la necesidad de elevar la eficiencia en la industria de la construcción, dándole mayor rotación a los encofrados, de modo que, para lograr este propósito se requiere que el concreto adquiera la resistencia a la compresión requerida en menor tiempo.

Para que el concreto obtenga mayor velocidad de desarrollo de resistencias iniciales se requiere alterar la curva de desarrollo de la resistencia y para lo cual se requiere el uso de un aditivo acelerante.

Para realizar la investigación se realizó en tres relaciones A/C: 0.60, 0.65 y 0.70 con tres dosificaciones de aditivo acelerante de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento.

En A/C 0.60, 0.65 y 0.70 con una dosificación de 500 ml, que es la que da mejores resultados, aumenta la resistencia a la compresión en 163.57%, 160.01% y 161.79% a un día y en 126.40%, 126.74% y 108.05% a los 28 días respectivamente, respecto al concreto patrón 100%.

En A/C 0.60, 0.65 y 0.70 con una dosificación de 500 ml, que es la que da mejores resultados, disminuye el tiempo de fraguado inicial en 84.52%, 95.70% y 86.79% respectivamente, respecto al concreto patrón 100%.

En A/C 0.60, 0.65 y 0.70 con una dosificación de 500 ml, que es la que da mejores resultados, disminuye el tiempo de fraguado final en 87.81%, 90.95% y 80.48% respectivamente respecto al concreto patrón 100%.

El aditivo acelerante causa efecto en acelerar las resistencias y en disminuir el tiempo de fraguado inicial y final, lo cual es el objetivo de la investigación.

ABSTRACT

This research explains the effect of the accelerating additive that it has on the properties of concrete with Portland cement type I.

Given the need to increase productivity in the construction industry, giving more rotation to the formwork, so that, to achieve this purpose it is required that the concrete acquires compressive strength in less time.

In order for the concrete to obtain high initial strengths, it is necessary to alter the strength development curve and for which the use of an accelerating admixture is required.

To carry out the investigation, three A/C ratios were carried out: 0.60, 0.65 and 0.70 with three dosages of accelerating additive of 250 ml, 375 ml and 500 ml per bag of cement.

In A/C 0.60, 0.65 and 0.70 with a dosage of 500 ml, which is the one that gives the best results, the compressive strength increases by 163.57%, 160.01% and 161.79% at one day and by 126.40%, 126.74% and 108.05% at 28 days, respectively, with respect to the 100% standard concrete.

In A/C 0.60, 0.65 and 0.70 with a dosage of 500 ml, which is the one that gives the best results, the initial setting time decreases by 84.52%, 95.70% and 86.79%, respectively, with respect to the 100% standard concrete.

In A/C 0.60, 0.65 and 0.70 with a dosage of 500 ml, which is the one that gives the best results, the final setting time decreases by 87.81%, 90.95% and 80.48%, respectively, with respect to the 100% standard concrete.

The accelerating additive has an effect in accelerating the resistance and in reducing the initial and final setting time, which is the objective of the investigation.

PRÓLOGO

Ante el avance de la tecnología, se requiere elevar la eficiencia en la industria de la construcción en los procesos constructivos como la actividad de encofrados y desencofrados.

Para lo cual se utiliza el aditivo acelerante, el cual en esta investigación aceleró la resistencia a la compresión, por lo que se concluye que es efectivo el aditivo acelerante, de manera que se desencofre los elementos estructurales en menor tiempo que un concreto sin aditivo.

El uso de un aditivo acelerante, más el conocimiento actual de las nuevas tecnologías se puede lograr elevar la eficiencia en las obras, elevando la calidad e innovando para el beneficio de la industria de la construcción, en especial para la construcción de viviendas de interés social, colegios y otros tipos de obras de Ingeniería Civil.

Ing. Carlos A. Barzola Gastelú
Asesor

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro N° 3. 1 Granulometría del agregado fino</i>	<i>32</i>
<i>Cuadro N° 3. 2 Análisis granulométrico del agregado fino</i>	<i>33</i>
<i>Cuadro N° 3. 3 Granulometría del agregado grueso</i>	<i>36</i>
<i>Cuadro N° 3. 4 Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	<i>37</i>
<i>Cuadro N° 3. 5 PUC del agregado global.....</i>	<i>38</i>
<i>Cuadro N° 3. 6 Límites granulométricos del agregado global.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro N° 3. 7 Análisis granulométrico del agregado global.....</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro N° 4. 1 Diseño de la mezcla de prueba A/C: 0.60.....</i>	<i>44</i>
<i>Cuadro N° 4. 2 Diseño de la mezcla de prueba A/C: 0.60 slump 4"</i>	<i>45</i>
<i>Cuadro N° 4. 3 Resistencia a la compresión a los 7 días.....</i>	<i>45</i>
<i>Cuadro N° 4. 4 Diseño de mezcla de concreto patrón A/C: 0.60.....</i>	<i>47</i>
<i>Cuadro N° 4. 5 Diseño de mezcla de concreto patrón A/C: 0.65.....</i>	<i>47</i>
<i>Cuadro N° 4. 6 Diseño de mezcla de concreto patrón A/C: 0.70.....</i>	<i>48</i>
<i>Cuadro N° 4. 7 Diseño de concreto A/C 0.60 con 250ml de aditivo acelerante ..</i>	<i>48</i>
<i>Cuadro N° 4. 8 Diseño de concreto A/C 0.60 con 375ml de aditivo acelerante ..</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro N° 4. 9 Diseño de concreto A/C 0.60 con 500ml de aditivo acelerante ..</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro N° 4. 10 Diseño de concreto A/C 0.65 con 250ml de aditivo acelerante</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro N° 4. 11 Diseño de concreto A/C 0.65 con 375ml de aditivo acelerante</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro N° 4. 12 Diseño de concreto A/C 0.65 con 500ml de aditivo acelerante</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro N° 4. 13 Diseño de concreto A/C 0.70 con 250ml de aditivo acelerante</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro N° 4. 14 Diseño de concreto A/C 0.70 con 375ml de aditivo acelerante</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro N° 4. 15 Diseño de concreto A/C 0.70 con 500ml de aditivo acelerante</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro N° 6. 1 Resultados de ensayos al concreto fresco A/C: 0.60.....</i>	<i>57</i>
<i>Cuadro N° 6. 2 Resultados de ensayos al concreto fresco A/C: 0.65.....</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro N° 6. 3 Resultados de ensayo al concreto fresco A/C: 0.70.....</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro N° 6. 4 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.60.....</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro N° 6. 5 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.65.....</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro N° 6. 6 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.70.....</i>	<i>59</i>
<i>Cuadro N° 6. 7 Resultados de resistencia a tracción A/C: 0.60.....</i>	<i>60</i>
<i>Cuadro N° 6. 8 Resultados de resistencia a tracción A/C: 0.65.....</i>	<i>60</i>
<i>Cuadro N° 6. 9 Resultados de resistencia a tracción A/C: 0.70.....</i>	<i>61</i>
<i>Cuadro N° 6. 10 Resultados del ensayo de módulo elástico A/C: 0.60</i>	<i>61</i>

Cuadro N^o 6. 11 Resultados del ensayo de módulo elástico A/C: 0.65 61
Cuadro N^o 6. 12 Resultados del ensayo de módulo elástico A/C: 0.70 62

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura Nº 2. 1 Influencia del contenido del silicato tricálcico</i>	<i>21</i>
<i>Figura N.º 2. 2 Desarrollo de la resistencia de compuestos puros</i>	<i>22</i>
<i>Figura Nº 2. 3 Resistencia a la compresión vs área específica</i>	<i>23</i>
<i>Figura Nº 2. 4 Desarrollo de calor de diferentes cementos</i>	<i>24</i>
<i>Figura Nº 2. 5 Temperatura vs tiempo</i>	<i>25</i>
<i>Figura Nº 3. 1 Curva granulométrica del agregado fino.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura Nº 3. 2 Curva granulométrica del agregado grueso</i>	<i>37</i>
<i>Figura Nº 3. 3 Curva del PUC del agregado global</i>	<i>39</i>
<i>Figura Nº 3. 4 Curva granulométrica del agregado global.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura Nª4. 1 Curva de resistencia a la compresión a los 7 días</i>	<i>46</i>
<i>Figura Nª4. 2 Superposición de PUC vs resistencia a la compresión.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura Nº 6. 1 Comparación en % del asentamiento.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura Nº 6. 2 Comparación en % del peso unitario.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura Nº 6. 3 Comparación en % del contenido del aire</i>	<i>66</i>
<i>Figura Nº 6. 4 Comparación en % de la exudación.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura Nº 6. 5 Comparación en % del tiempo del fraguado inicial.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura Nº 6. 6 Comparación en % del tiempo de fraguado final</i>	<i>68</i>
<i>Figura Nº 6. 7 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.60</i>	<i>69</i>
<i>Figura Nº 6. 8 Comparación en % de resistencia a compresión A/C: 0.60.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura Nº 6. 9 Curva de desarrollo para la dosificación optima</i>	<i>70</i>
<i>Figura Nº 6. 10 Resultados de resistencia a compresión A/C. 0.65</i>	<i>71</i>
<i>Figura Nº 6. 11 Comparación en % de resistencia a compresión A/C: 0.65.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura Nº 6. 12 Curva de desarrollo de la dosificación Optima</i>	<i>72</i>
<i>Figura Nº 6. 13 Resultados de la resistencia a compresión A/C: 0.70.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura Nº 6. 14 Comparación en % de resistencia a compresión A/C: 0.70</i>	<i>73</i>
<i>Figura Nº 6. 15 Curva de desarrollo de la dosificación optima</i>	<i>73</i>
<i>Figura Nº 6. 16 Resultados de la resistencia a tracción A/C: 0.60.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura Nº 6. 17 Comparación en % de resistencia a tracción A/C: 0.60.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura Nº 6. 18 Curva de desarrollo de la dosificación optima</i>	<i>75</i>
<i>Figura Nº 6. 19 Resultados de la resistencia a tracción A/C: 0.65.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura Nº 6. 20 Comparación en % de resistencia a tracción A/C: 0.65.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura Nº 6. 21 Curva de desarrollo de la dosificación optima</i>	<i>76</i>
<i>Figura Nº 6. 22 Resultados de la resistencia a tracción A/C: 0.70.....</i>	<i>77</i>

<i>Figura Nº 6. 23 Comparación en % de resistencia a tracción A/C: 0.70.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura Nº 6. 24 Curva de desarrollo de la dosificación optima</i>	<i>78</i>
<i>Figura Nº 6. 25 Resultados del módulo elástico A/C: 0.60</i>	<i>78</i>
<i>Figura Nº 6. 26 Comparación en % del módulo elástico A/C: 0.60.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura Nº 6. 27 Resultados del módulo elástico A/C: 0.65.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura Nº 6. 28 Comparación en % del módulo elástico A/C: 0.65.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura Nº 6. 29 Resultados del módulo elástico A/C: 0.70.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura Nº 6. 30 Comparación en % del módulo elástico A/C: 0.70.....</i>	<i>81</i>

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

A/C	: Relación agua / cemento
ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: American Society for testing and materials
C.H.	: Contenido de humedad
f_c	: Resistencia a la compresión
MF	: Módulo de finura
NTP	: Normas Técnicas Peruanas
PUC	: Peso Unitario Compactado
PUS	: Peso Unitario Suelto
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
TFF	: Tiempo de Fragua Final
TFI	: Tiempo de Fragua Inicial
TM	: Tamaño Máximo
TMN	: Tamaño Máximo Nominal

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Siendo el concreto un material muy usado en la industria de la construcción, que además dentro de un Proyecto de obra es el material más predominante que los otros materiales, y que para darle la forma deseada con el concreto fresco se utilizan los encofrados que generalmente son alquilados, que tienen un importante costo de obra, por lo que el tiempo de permanencia del encofrado en el elemento estructural es relevante.

Reducir el tiempo de encofrado en el elemento estructural implica ahorro de dinero, avance rápido de la obra, lo cual reduce los plazos de ejecución en la programación de obra. Motivo por el cual es necesario reducir el tiempo de permanencia del encofrado en el elemento estructural, ya sea en vigas, columnas, muros, placas, losas, prefabricados o estructuras complejas de concreto.

Ante este panorama se hace necesario el empleo de un aditivo acelerante de tal manera de generar mayor velocidad de desarrollo de las resistencias iniciales en el concreto para acortar el tiempo de permanencia del encofrado.

Por lo que en nuestra investigación se emplea el aditivo acelerante “CHEMA ESTRUCT” en el concreto en tres relaciones de A/C y tres dosificaciones de aditivo para cada relación A/C, luego se realiza ensayos de concreto fresco y endurecido, para luego finalmente cuantificar los diferentes ensayos y ver el efecto del aditivo acelerante en el concreto.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Siendo un aspecto fundamental el tiempo mínimo de permanencia del encofrado en el elemento estructural, para la industria de la construcción, es fundamental encontrar la manera de generar mayor velocidad de desarrollo de las resistencias iniciales en el menor tiempo posible. Para lo cual se recurre al empleo de un aditivo acelerante de tal manera que proporcione un impulso inicial al concreto y mejorar su desempeño en la resistencia en las primeras horas y días, ya que, el concreto con el aditivo acelerante, la mezcla genera alto calor de hidratación en las primeras

horas y tiene un mejor desarrollo de resistencia que un concreto sin aditivo acelerante.

En la investigación se estudia el concreto con cemento portland tipo I “ANDINO” y aditivo acelerante “CHEMA ESTRUCT” para comprobar el efecto del desarrollo de la resistencia y el tiempo de Fraguado Inicial y Final.

1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo General

Realizar el estudio del concreto con aditivo acelerante y cemento portland tipo I.

1.3.2 Objetivo Específico

- Cuantificar el tiempo de fraguado con el uso de aditivo acelerante.
- Cuantificar las resistencias a la compresión del concreto con el uso del aditivo acelerante.

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En el Perú y en otros países se han realizado estudios del concreto con aditivos acelerantes.

En la UNI se han realizado diversos tipos de investigaciones con aditivos acelerantes de varias marcas comerciales, en lo cual, se han cuantificado los tiempos de fraguado y resistencias a la compresión, que es el objetivo de la investigación.

- 1.- “Influencia del aditivo acelerante en concretos preparados con cemento puzolánico tipo IP”

FIC-UNI, 1995; Triviño Carranza, Ausberto Ricardo

El objetivo de esta investigación fue determinar los resultados que se obtienen al utilizar el aditivo acelerante MUROX CRETE 161 HE, en el concreto con cemento atlas puzolánico tipo IP, por el problema que se presenta de tener bajos incrementos de resistencia en las primeras edades. Se realizaron 4 relaciones de

A/C, 0.40, 0.45, 0.50 y 0.55. y tres dosificaciones de aditivo, 1/8, 1/4, 3/8 de galón por bolsa de cemento. Los ensayos se realizaron para 1, 3, 7, 14 y 28 días.

Para la A/C: 0.40, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 98%, 110%, 117%, 119% y 117%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.45, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 104%, 114%, 127%, 116% y 123%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.50, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 107%, 102%, 135%, 135% y 133%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.55, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 128%, 146%, 124%, 116% y 136%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente.

Estos resultados se obtuvieron con la dosificación de 3/8 de galón por bolsa de cemento que fue superior a las otras dosificaciones en todas las relaciones de A/C. en los ensayos de la resistencia a la compresión

2.- "Determinación de las propiedades de concreto por la adición de aditivo acelerante de fragua utilizando cemento tipo II" FIC-UNI, 1997; Perales Pacherrres, William.

La finalidad de esta investigación fue estudiar el efecto del aditivo acelerante CHEMA ESTRUCT en el concreto con cemento portland tipo II, para las relaciones A/C, 0.40, 0.50 y 0.60 con dosificaciones de 250, 375, 500 cc. por bolsa de cemento, para los 1, 3, 7, 14 y 28 días.

Para la A/C: 0.40, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 121%, 108%, 105%, 101% y 101%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.50, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 127%, 123%, 107%, 102% y 101%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.60, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó en 141%, 126%, 117%, 103% y 101%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente.

En las tres relaciones de A/C se incrementa la resistencia a la compresión con la dosificación de 500 cc. por bolsa de cemento, más que las otras dosificaciones.

3.- “Propiedades del cemento al estado fresco y endurecido con aplicación de aditivo acelerante utilizando cemento portland tipo V”, FIC-UNI, 1999; Ly Mendoza, Moisés.

El objetivo de esta investigación es estudiar el comportamiento del concreto, cuando el aditivo acelerante ADIKRET-RAPIDO, se mezcla con el cemento portland tipo V. para las A/C. 0.40, 0.45 y 0.50 con dosis de 0.50 y 0.75 litros por bolsa de cemento para 1, 3, 7, 14 y 28 días.

Para la A/C: 0.40, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resulto en 90%, 87%, 95%, 86% y 98%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.45, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resulto en 59%, 87%, 85%, 91% y 85%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente. Para la A/C: 0.50, a los 1, 3, 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resulto en 70%, 88%, 87%, 75% y 90%, con respecto al concreto patrón 100%, respectivamente.

Con la dosificación de 0.50 litros por bolsa de cemento de aditivo acelerante se disminuyó la resistencia a la compresión menos que la otra dosificación. Por lo que el aditivo no acelera la resistencia a la compresión en el concreto con el cemento portland tipo V.

4.- “Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades de concreto”, FIC-UNI, 2004; Torres Alayo, Juan Carlos.

El objetivo de este estudio fue el de realizar una evaluación del aditivo acelerante PLASTOCRETE 161 FL en el concreto preparado con cemento portland tipo I, cemento portland tipo II, para las A/C. 0.40 y 0.60 con dosis de 3%, 4% y 5% en peso del cemento para 1, 3, 7, y 28 días, en ambos tipos de cemento.

Para el cemento Portland tipo I, la relación A/C: 0.40, a los 1, 3, 7, 28 días la resistencia a la compresión resulto en 96%, 114%, 111% y 112% con respecto al

concreto patrón 100%. En la relación A/C: 0.60, a los 1, 3, 7, 28 días la resistencia a la compresión resultó en 116%, 105%, 105% y 110% con respecto al concreto patrón 100%. Con una dosificación de 5% de aditivo acelerante para ambas relaciones que da mayores ganancias que las otras dosis.

Para el cemento Portland tipo II, la relación A/C: 0.40, a los 1, 3, 7, 28 días la resistencia a la compresión resultó en 113%, 112%, 105% y 110% con respecto al concreto patrón 100%. En la relación A/C: 0.60, a los 1, 3, 7, 28 días la resistencia a la compresión resultó en 131%, 106%, 108% y 118% con respecto al concreto patrón 100%. Con una dosificación de 5% de aditivo acelerante para ambas relaciones que da mayores ganancias que las otras dosis.

El aditivo acelerante es efectivo con una dosificación de 5%, aumentando la resistencia a la compresión en los dos tipos de cemento Portland I y II

A nivel internacional sobre el tema, hay muchos estudios en USA, INDIA, POLONIA y otros países.

1.- "Influence of Non-Chloride Accelerator in Cement Concrete", Mahendra Institute of Engineering and Technology Namakkal, Tamil Nadu, INDIA, 2014; P. Kathirvel.

En esta investigación explica el efecto combinado de un aditivo acelerador sin cloruro y el método de curado en el desarrollo de la resistencia del concreto con cemento portland. los materiales usados son cemento portland, agregado grueso y fino, agua y aditivo acelerador sin cloruro de nombre Tecmix 460, la dosificación fue de 0.80%, 1%, 1.20% en peso del cemento.

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días donde se obtuvo con la dosificación de 1.20%, el aumento en 122%, 151% y 135% con respecto al concreto patrón 100% de la resistencia a la compresión respectivamente, además se concluyó que el método de curado afecta el rendimiento del aditivo acelerador.

2.- “Effect of Dosage of Non – Chloride Accelerator versus Chloride Accelerator on the Cracking Potential of Concrete Repair Slabs”, University of South Florida, USA 2015; Thomas F. Meagher.

El objetivo de esta investigación es determinar si un acelerador a base de nitrato de calcio se puede utilizar como una opción de un aditivo a base de cloruro de calcio en trabajos de reparación de pavimentos de concreto. se determinó de cada aditivo acelerador, en diferentes dosis, la efectividad en las resistencias mecánicas y el potencial general de agrietamiento.

Se uso en tres dosificaciones de 1, 2, 4 kilos por 46 kilos de cemento y se realizó los ensayos a las 4, 6, 12 horas, 1, 3, 7 y 28 días. para la dosificación de 4 kilos por 46 kilos de cemento se obtuvo los mejores resultados.

Los resultados para los ensayos a las 4, 6, 12 horas, 1, 3, y 28 días fue de 150%, 143%, 135%, 149%, 137%, y 117% respectivamente del aditivo a base de nitrato de calcio que el aditivo a base de cloruro de calcio 100% en la resistencia a la compresión y además mostro un menor potencial de agrietamiento.

El aditivo acelerador a base de nitrato de calcio es una buena opción que el acelerador a base de cloruro de calcio en la reparación de losas de concreto.

3.- “Influence of Hardening Accelerating Admixtures on Properties of Cement with Ground Granulated Blast Furnace Slag”, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, 2016; Jan Pizón, Patrycja Miera, Beata Lazniewska – Piekarczyk.

El objetivo es determinar el efecto del uso de aditivos acelerantes en cemento portland y cementos adicionados con escoria de alto horno granulado, el uso de cemento adicionado es por la idea de la sostenibilidad, pero su fraguado y endurecimiento es lento, por lo que es necesario el aceleramiento de estas mezclas, se utilizó 4 tipos de aditivos, el aditivo a base de formiato de calcio, semillas de cristal CSH, nitrato de calcio y trietanolamina.

Se obtuvo mejores resultados con el aditivo acelerador a base de semillas de cristal CSH, en los ensayos de la resistencia a la compresión a las 12 horas, 1, 2, 7 y 28 días, incrementándolo para el cemento portland y cemento adicionado con escoria de alto horno granulado.

4.- "Influence of different chemical admixtures in achieving high early strength concrete", School of Mechanical and Building Sciences, VIT Chennai INDIA, 2018; A Sharma.

La investigación en este proyecto se enfoca en el estudio de tres tipos de aditivos acelerantes de tal manera de obtener mezclas que den mejores resultados para tener una construcción eficiente y dar una mejor solución a proyectos de vivienda y rehabilitación y dos tipos de curado, el húmedo en cuarto de niebla y el curado químico. Se utilizó el aditivo acelerante Sika Viscocrete HDP20, Plastol Ultra 209, Masterset AC 100.

Se obtuvo mejor resultado de la resistencia a la compresión con el curado químico, para el aditivo acelerador Sika Viscocrete HDP20 a los 1, 3, 7 y 28 días la resistencia a la compresión aumento en 146%, 125%, 124%, 114% con respecto al concreto patrón 100%, con el aditivo acelerante Plastol Ultra 209 a los 1, 3, 7 y 28 días la resistencia a la compresión aumento en 186%, 120%, 122%, 116% con respecto al concreto patrón, con el aditivo acelerante Masterset AC 100 a los 1, 3, 7 y 28 días la resistencia a la compresión aumento en 180%, 112%, 106%, 106% con respecto al concreto patrón

Se concluye que el curado químico es una buena alternativa en términos de ganancia de resistencia para las mezclas con aditivos aceleradores.

5.- "Comparative Study of Accelerating Admixture on Properties of Concrete", Fátima Michael College of Engineering and Technology, Tamil Nadu, INDIA, 2018; D Selvaganesh, R. Prabhakaran, M. Mohana Prasanna, M. Mohamed Fayyaz.

El objetivo de este estudio es proporcionar una descripción general de las mezclas con el uso de aditivos acelerantes, el nitrito de sodio y el nitrito de calcio

en dosis de 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3% en peso de cemento. Los ensayos se realizaron a los 7, 14, 28 días de la resistencia a la compresión, para aumentar la resistencia que permita un desencofrado en menor tiempo.

Con la dosis de 2.5% se obtuvieron los mejores resultados, para el nitrito de sodio y nitrito de calcio. Para el aditivo acelerador nitrito de sodio a los 7, 14 y 28 días la resistencia a la compresión aumento en 140%, 138%, 109% con respecto al concreto patrón 100%. Para el aditivo acelerador nitrito de calcio a los 7, 14 y 28 días la resistencia a la compresión aumento en 125%, 122%, 109%, con respecto al concreto patrón 100%.

Mediante la comparación de ambos aditivos se logra mejor resistencia con el nitrito de sodio con una dosificación de 2.5 %.

Son algunas investigaciones a nivel internacional del concreto con aditivos acelerantes que cuantifican el tiempo de fraguado en estado fresco, cuantifican las resistencias a la compresión con el fin de encontrar soluciones a problemas que se presentan en las obras de ingeniería civil relacionados con el concreto.

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

En la industria de la construcción es necesario producir eficientemente para reducir los plazos de ejecución de obra y además los costos. Por lo tanto, se requiere realizar las operaciones en el menor tiempo y una de esas operaciones es de obtener mejores resistencias tempranas para desencofrar el elemento estructural, consecuentemente, obtener la resistencia requerida de desencofrado en el menor tiempo.

Para lograr estos propósitos, implica conocer conceptos teóricos del proceso de hidratación del concreto, el fraguado del cemento, calor de hidratación, la finura del cemento.

Todos estos conceptos indican la manera de cómo reaccionan los compuestos del cemento con el agua y en qué momento comienzan a ganar resistencias y que velocidades de hidratación se desarrollan hasta endurecerse.

Estos conocimientos indican de que maneras se puede modificar las curvas del proceso de hidratación del concreto, de acuerdo a las propiedades requeridas del concreto, solicitados por las obras de construcción.

Una de las maneras de modificar esta velocidad de hidratación es mediante el uso del aditivo acelerante, que es el que se realizará en la investigación, de tal manera de generar mayor velocidad de desarrollo de las resistencias iniciales.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Proceso de hidratación del cemento

En la fabricación del cemento se realiza con materias primas como la piedra caliza y las arcillas que pasan por hornos a alta temperatura y molienda obteniéndose el Clinker y luego se le adiciona yeso, resultando cemento portland.

El cemento portland tiene 4 compuestos principales, el silicato tricálcico C_3S , el silicato bicálcico C_2S , el aluminato tricálcico C_3A y el ferrito aluminato tetracálcico

C₄AF.

El cemento cuando entra en contacto con el agua se producen reacciones químicas de hidratación, generándose productos de hidratación los silicatos cálcicos hidratados y hidróxido de calcio que le dan la resistencia al concreto a través del tiempo

Uno de los componentes del cemento que contribuye más a la resistencia en las primeras edades es el silicato tricálcico (C₃S). Por lo cual es importante conocer la influencia del silicato tricálcico (C₃S) en el cemento.

En la figura 2.1 se muestra la influencia del contenido de silicato tricálcico (C₃S) en el desarrollo del calor en el tiempo.

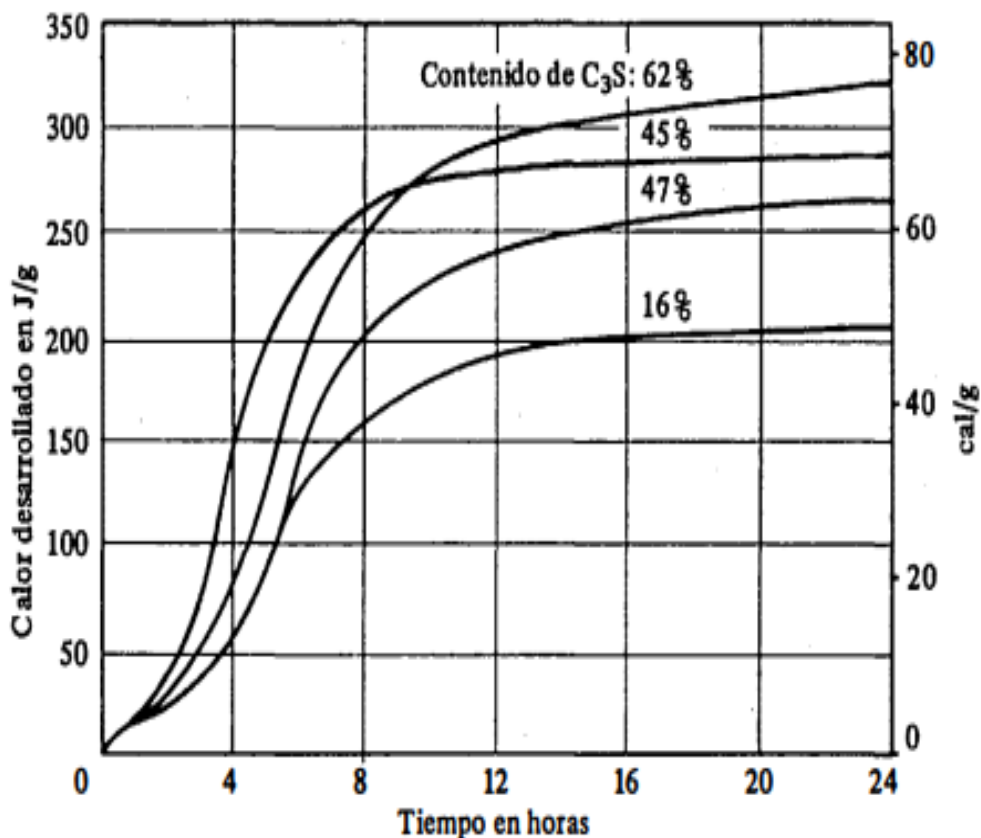


Figura Nº 2. 1 Influencia del contenido del silicato tricálcico

Fuente: Adam M. Neville (1995)

En la figura 2.2 se muestra el desarrollo de la resistencia a la compresión de los componentes principales del cemento en el tiempo.

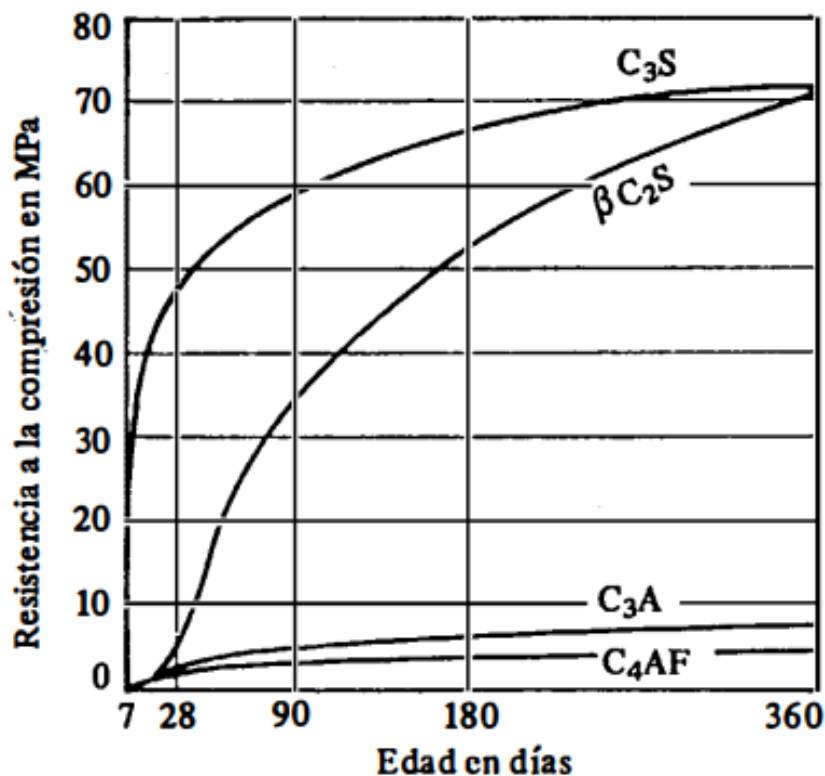


Figura N.º 2. 2 Desarrollo de la resistencia de compuestos puros

Fuente: Adam M. Neville (1995)

En este gráfico se puede notar como el silicato tricálcico (C₃S) adquiere resistencia a la compresión en las mismas edades más que los otros componentes.

2.2.2 Finura del Cemento

En la última etapa de la fabricación del cemento el Clinker pasa a la molienda para el molido y en esta etapa se define el tamaño del molido del Clinker, resultando la finura del cemento que se da en términos de superficie específica en m²/kg.

La finura del cemento influye en la velocidad de desarrollo de las resistencias iniciales del concreto, cuando el cemento portland tiene mayor finura que otro cemento de menor finura, tiene mayor velocidad de hidratación.

Se han realizado estudios y se han elaborado gráficos que muestran como cementos portland con mayor finura adquieren mayores resistencias tempranas.

En la figura 2.3 se muestra la relación que existe entre la resistencia del concreto a diferentes edades y la finura del cemento.

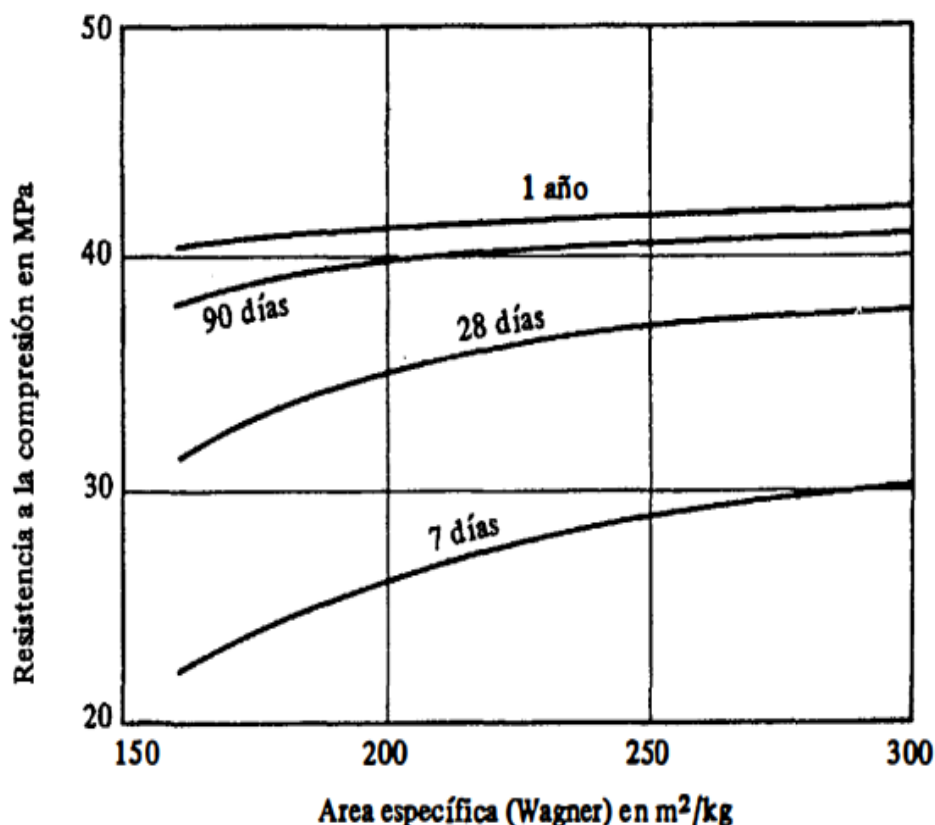


Figura Nº 2. 3 Resistencia a la compresión vs área específica

Fuente: Adam M. Neville (1995)

En la figura 2.3 se observa que a los 7 días los cementos portland con una superficie específica de 200 m²/kg. es menor en resistencia a la compresión que una superficie específica de 300 m²/kg., por lo que a mayor finura mayor rapidez de hidratación y desarrollo de resistencia.

2.2.3 Calor de hidratación

Es el calor generado por la reacción química del cemento con el agua siendo una reacción exotérmica.

Los compuestos principales tienen diferentes velocidades de hidratación, los calores generados dependen de las proporciones de los compuestos principales del cemento portland.

La finura del cemento influye en la velocidad de desarrollo del calor a mayor finura más calor desprende la reacción química de hidratación.

El contenido de silicato tricálcico (C_3S) influye en el desarrollo del calor de hidratación a mayor contenido de silicato tricálcico (C_3S) se desarrolla mayor calor de hidratación.

El contenido de cemento en el concreto afecta el calor de hidratación a más contenido de cemento mayor calor de hidratación, si la relación de A/C es baja desprende mayor calor de hidratación que una A/C alta.

En la figura 2.4 se muestra los diferentes tipos de cemento que desarrollan el calor de hidratación con el tiempo.

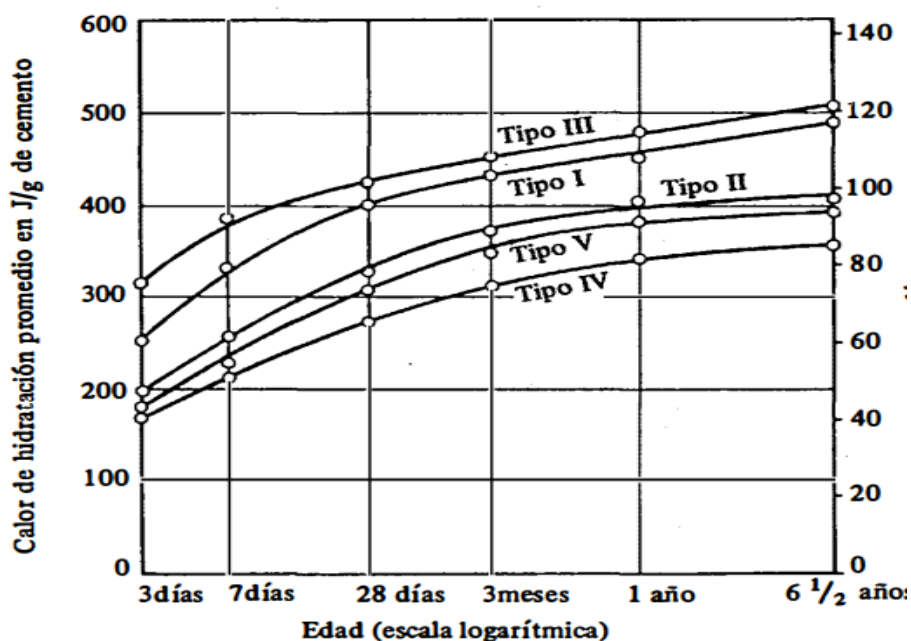


Figura N° 2. 4 Desarrollo de calor de diferentes cementos

Fuente: Adam M. Neville (1995)

La figura 2.4 muestra que el cemento tipo III desarrolla mayor calor de hidratación que los otros tipos esto es debido a que tiene mayor contenido de (C₃S) silicato tricálcico que los otros tipos.

La velocidad de reacción, de agua con el cemento puede ser modificada agregando pequeñas dosis de sustancias químicas como los aditivos acelerantes a la mezcla de concreto. Estas sustancias alteran la hidratación del cemento formando más hidratos cálcicos en un tiempo dado produciendo un aceleramiento de la hidratación.

En la figura 2.5 se aprecia como se modifican las curvas del calor de hidratación con el tiempo al añadir el aditivo acelerante a la mezcla.

La curva del calor de hidratación del aditivo acelerante señala que a las primeras horas se genera mayor calor que la otra mezcla sin aditivo.

Por consiguiente, a mayor calor generado a temprana edad mayor resistencia inicial del concreto.

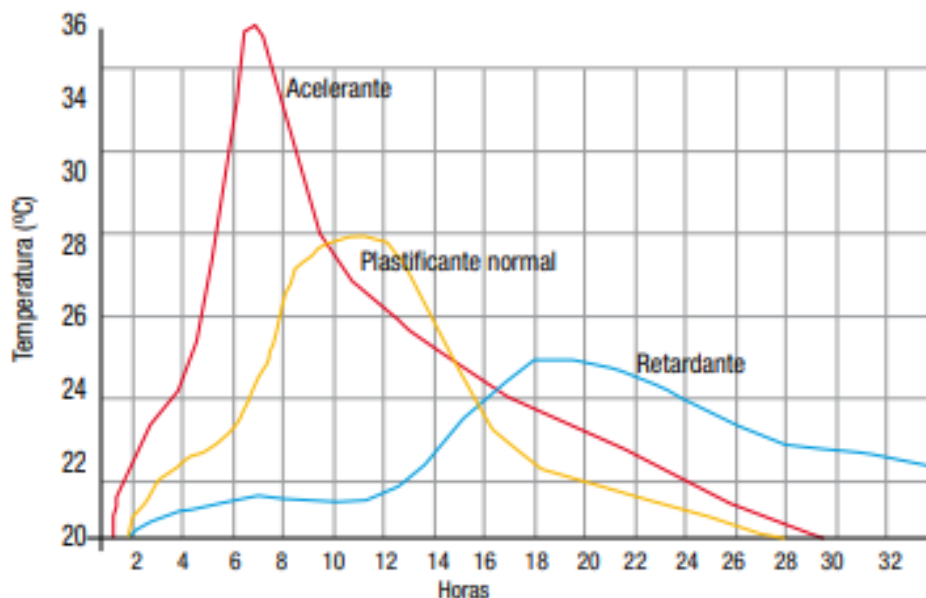


Figura N° 2. 5 Temperatura vs tiempo

Fuente: El concreto de hoy Sika (2008)

2.2.4 Fraguado

Cuando el cemento entra en contacto con el agua se producen reacciones químicas de hidratación generándose productos complejos de silicato de calcio e hidróxido de Calcio que van endureciendo en el tiempo de manera paulatina.

Cuando la pasta de cemento líquido empieza a plastificarse ha comenzado el fraguado, y cuando pasa del estado plástico al estado sólido ha terminado el fraguado.

La determinación del tiempo de fraguado del cemento se realiza con las agujas de Vicat con la NTP 334.006.

CAPÍTULO III MATERIALES

3.1 CEMENTO PORTLAND

Según la NTP 334.001, es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización de Clinker de portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de la forma de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

El cemento portland es un material con propiedades adhesivas y cohesivas, los cuales tienen la capacidad de unir piedras, arenas y ladrillo y formar un sólido resistente.

Se fabrica en diferentes tipos de cemento, tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV y tipo V.

Según la Norma E.060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones en el capítulo 3.2.1 señala que el cemento debe cumplir con los requisitos de las NTP correspondientes.

Para realizar la investigación se utilizará el cemento portland tipo I Andino. La Ficha Técnica del cemento Andino se muestra en el Anexo F.

3.2 AGUA

Para la producción del concreto con cemento Portland uno de los materiales esenciales es el agua donde la NTP 339.088 se aplica para la especificación del agua de mezcla que se utiliza para la preparación del concreto.

En el Art. 4.4 define el agua potable como apta para el consumo humano y en el Art. 5.2 señala que se permitirá el uso de agua potable como agua de mezcla en el concreto sin la realización de ensayos para evaluar su conformidad con los requisitos de la NTP 339.088.

También la Norma E.060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones en el Art. 3.4.1 señala que el agua empleada en la preparación y curado del cemento deberá ser de preferencia potable.

Y en el Art. 3.4.3 indica que las sales y otras sustancias nocivas presentes en el agregado y/o aditivos deberán sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.

La calidad del agua es muy importante para la preparación de la mezcla de concreto porque las impurezas del agua pueden afectar la hidratación del cemento, disminuir la resistencia del concreto y pueden provocar corrosión a las armaduras del elemento, razón por lo cual se debe tomar en cuenta la calidad del concreto.

En esta investigación se usará agua potable para el preparado de la mezcla de concreto con cemento Andino y también para el curado de las probetas.

3.3 ADITIVO

La definición de aditivo según la NTP 339.047 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 o soluciones.

El comité ACI 116 define al aditivo acelerador como el ingrediente que provoca un aumento de la velocidad de hidratación del cemento hidráulico; y, por lo tanto, acorta el tiempo de fraguado, o aumenta la velocidad de desarrollo de la resistencia, o ambos.

El motivo para utilizar un aditivo acelerante en la investigación es para acelerar en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial del concreto y obtener una resistencia para desencofrar en el menor tiempo.

Los aditivos acelerantes están clasificados como de tipo C según la Norma ASTM C 494. se utilizará el aditivo acelerante de la empresa CHEMA denominado CHEMA ESTRUCT la Hoja Técnica se muestra en el Anexo F.

La eficiencia de un aditivo acelerante depende de la cantidad que se agregue el agua de amasado y del tipo de cemento.

El fabricante recomienda tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento.

Según la Ficha Técnica del aditivo acelerante “Chema Estruct” tiene ventajas en el menor tiempo de desencofrado, reducción del curado a vapor de los elementos prefabricados, rápida puesta en servicio de las estructuras.

El aditivo acelerante “chema estruct” pertenece al grupo sin cloruros, con una composición general de solución acuosa de sales alcalinas, y componente nitrilotrietanol.

3.4 AGREGADOS

La NTP 400.11 define el agregado para concreto como el 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.

Los agregados son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente que ocupa alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total por lo que la calidad es muy importante.

Conocer las propiedades de los agregados es muy importante para el diseño de mezclas de concreto, para tener en cuenta el agua que pueda aportar o quitar a la mezcla ya que los agregados se encuentran en diferentes estados de humedad y así como también la granulometría de los agregados.

Para la preparación del concreto se realizará con agregado fino y agregado grueso.

3.4.1 Agregado fino

La NTP 400.011 define al agregado fino como agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la disgregación 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.

Para la investigación se realizará con agregado fino de la cantera “Trapiche”.

- Peso unitario suelto (NTP 400.017)

Para realizar los ensayos lo primero es sacar muestras conforme a la NTP 400.010 y reducir la muestra para el ensayo de acuerdo a la NTP 400.043, teniendo la muestra obtenida se procede a realizar el ensayo P.U.S. de acuerdo al procedimiento indicado en la NTP 400.017.

El peso unitario suelto se calcula con la formula

$$P.U.S.=\frac{\text{Peso suelto del agregado}}{\text{volumen del recipiente}}$$

El resultado del ensayo P.U.S. para la arena fina de Trapiche es de P.U.S. = 1,747.61 Kg/m³.

El procedimiento de cálculo se muestra en el Anexo A.

- Peso unitario compactado (NTP 400.017)

Se obtiene la muestra igual que la anterior y se ensaya el P.U.C. de acuerdo a la NTP 400.017.

El peso unitario compactado se calcula con la formula.

$$P.U.C.=\frac{\text{Peso compactado del agregado}}{\text{volumen del recipiente}}$$

El resultado del ensayo P.U.C. para el agregado fino de Trapiche es P.U.C. = 1844.63 Kg/m³.

El procedimiento de cálculo se muestra en el Anexo A.

- Contenido de Humedad (NTP 339.185)

El ACI-116 define como la relación entre la masa de agua presente en una masa granular dada, y el peso seco de la masa, expresada como porcentaje.

Para encontrar el contenido de humedad se sigue el procedimiento señalado en la NTP 339.185.

$$CH\% = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

En el ensayo de contenido de humedad es 2.14%.

Los cálculos se muestran en el Anexo A.

- Peso específico (NTP 400.022)

El peso específico del agregado fino es la relación del peso de las partículas entre el volumen sin incluir el volumen de vacíos.

El procedimiento para hallar el peso específico es con la NTP 400.022.

El resultado del peso específico es de 2.577 gr/m³ o 2,577 Kg/m³

El detalle de los cálculos se muestra en el Anexo A.

- Absorción (NTP 400.022)

La definición de Absorción según la NTP 400.022 es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

Para hallar la Absorción se sigue el procedimiento de la NTP 400.022.

Los cálculos se muestran en el Anexo A.

La absorción del agregado tiene efecto en las propiedades resistentes y la trabajabilidad del concreto, por lo que hay que tomarlo en cuenta para realizar las correcciones en el agua de diseño.

El porcentaje de absorción es 1.94%

- Granulometría (NTP 400.037)

La definición de granulometría según la NTP 339.047 indica que representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su determinación mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidos en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. Y que la cantidad de muestra mínima es de 300 grs.

La NTP 400.037 señala los requisitos de granulometría y calidad de los agregados para su uso en el concreto. En el Art. 6.1 indica que el agregado fino deberá tener una gradación según los límites señalados en el cuadro 3.1

Cuadro N° 3. 1 Granulometría del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037

También indica que su módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1

La NTP 400.012 en el Art. 9.2 señala la forma de cálculo de módulo de finura.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

La granulometría del agregado fino se muestra en el cuadro 3.2

Cuadro N° 3. 2 Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8"	0.00	0	0	100.00%
N.º 4	73.20	4.88%	4.88%	95.12%
N.º 8	311.10	20.74%	25.62%	74.38%
N.º 16	336.00	22.40%	48.02%	51.98%
N.º 30	249.80	16.65%	64.67%	35.33%
N.º 50	195.30	13.02%	77.69%	22.31%
N.º 100	217.30	14.49%	92.18%	7.82%
Fondo	117.30	7.82%	100.00%	0.00%
Total	1500.00			

módulo de finura **3.13**

Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica se muestra en la figura 3.1

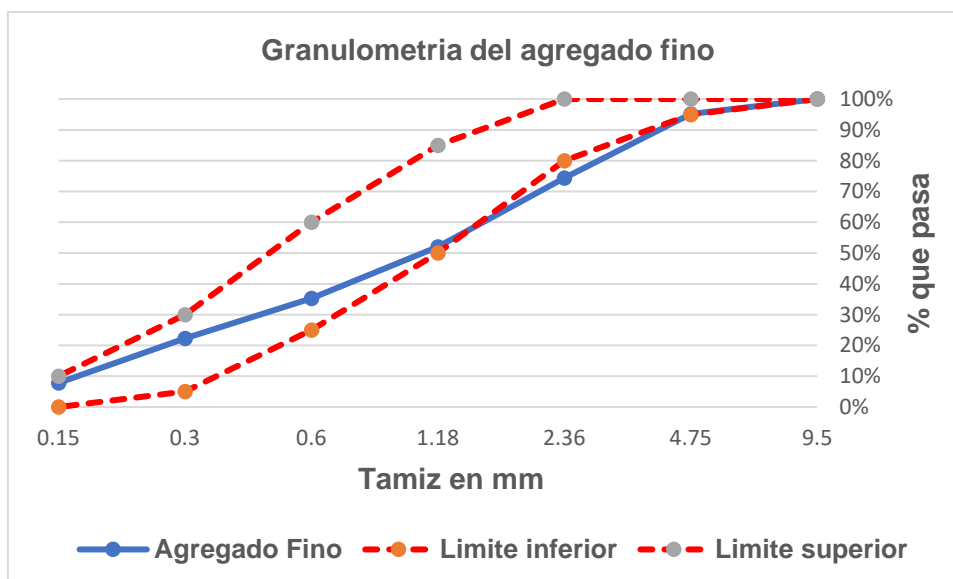


Figura N° 3. 1 Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

El módulo de finura del agregado es 3.13 obtenido del cuadro 3.2.

Los detalles de los cálculos se muestran en el Anexo A.

3.4.2 Agregado grueso

La NTP 400.011 define al agregado grueso como el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N ° 4) que cumple con los límites establecidos en el NTP 400.037 proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca. Para la investigación se realizará con agregado grueso de la empresa “UNICON”.

- Peso unitario suelto (NTP 400.017)

Se obtiene las muestras conforme a la NTP 400.010 y se reduce la muestra para el ensayo de acuerdo a la NTP 400.043.

Obtenida la muestra para el ensayo se procede a realizar el ensayo P.U.S. de acuerdo al procedimiento indicado en la NTP 400.017.

El P.U.S. se calcula con la fórmula:

$$P.U.S. = \frac{\text{peso suelto de agregado}}{\text{volumen del recipiente}}$$

El resultado del ensayo P.U.S. = 1,376.14 Kg/m³ para el agregado grueso de la empresa UNICON. El procedimiento de cálculo se muestra en el Anexo A.

- Peso unitario compactado (NTP 400.017)

Este ensayo se realiza de acuerdo a la NTP 400.017

El P.U.C. se calcula con la fórmula:

$$P.U.C. = \frac{\text{peso compactado del agregado}}{\text{volumen del recipiente}}$$

El resultado del ensayo es P.U.C. = 1,493.86 kg/m³ los resultados se muestran con sus detalles en el anexo A.

- Contenido de humedad (NTP 339.185)

El tamaño de la muestra mínima se obtiene según lo indicado en el Art. 6.1 de la NTP 339.185 para realizar el ensayo se sigue el procedimiento indicado en la NTP 339.185.

$$CH\% = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

El ensayo de contenido de humedad es 0.50%

Los detalles de cálculo se muestran en el Anexo A.

- **Peso específico (NTP 400.021)**

El procedimiento para hallar el peso específico del agregado grueso es con la NTP 400.021 es la masa de los particulares de agregado secado al horno por unidad de volumen de partículas de agregado incluyendo el volumen de poros permeables e impermeables dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas.

El resultado del peso específico es de 2.70 gr/cm³ o 2,700 kg/m³

Los cálculos y sus detalles se muestran en el Anexo A.

- **Absorción (NTP 400.021)**

La muestra mínima se hace de acuerdo al Art. 7.3 de la NTP 400.021 y se sigue el procedimiento de acuerdo a esta Norma.

El porcentaje de absorción para el agregado grueso de UNICON es 0.73%.

Los cálculos se muestran en el Anexo A.

- **Granulometría (NTP 400.037)**

La cantidad de la muestra mínima para este ensayo será de acuerdo a lo indicado en el Art. 7.4 de esta NTP 400.012 también indica el procedimiento a seguir el tamizado.

Además, la NTP 400.037 señala que el agregado grueso deberá cumplir con los requisitos señalados en el cuadro 3.3, según los usos específicos para la fabricación del concreto.

Cuadro N° 3. 3 Granulometría del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ 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 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ 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 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ 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 4,75mm (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 (¾ 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 (¾ 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	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
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: NTP 400.037

La granulometría del agregado grueso se muestra en el cuadro 3.4

Cuadro N° 3. 4 Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
1 1/2"	0	0	0	100%
1"	1563.50	5.21%	5.21%	94.79%
3/4"	14652.50	48.84%	54.05%	45.95%
1/2"	12931.00	43.10%	97.16%	2.84%
3/8"	548.20	1.83%	98.98%	1.02%
N.º 4	234.80	0.78%	99.77%	0.23%
Fondo	70.00	0.23%	100.00%	0.00%
Total	30000.00			

módulo de finura 7.53

Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica se muestra en la figura 3.2

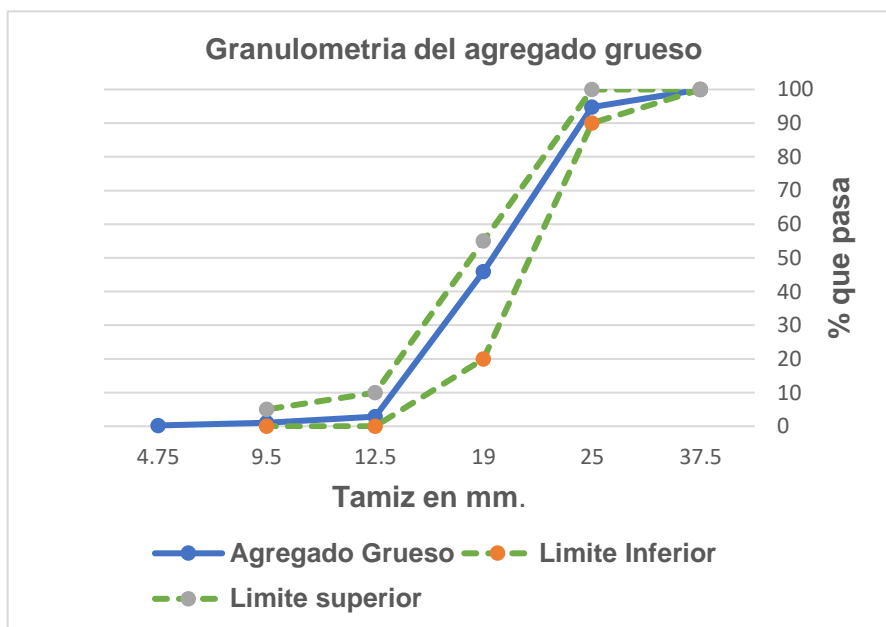


Figura N° 3. 2 Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 3.4 se obtiene el módulo de finura del agregado grueso igual a 7.53 y tamaño máximo nominal igual a 1”.

El tamaño máximo nominal está en función de la armadura de refuerzo del elemento estructural y los encofrados de tal manera que, se pueda colocar el concreto sin vacíos o cangrejeras.

El cuadro 3.3 muestra las diferentes granulometrías del agregado grueso y según el cuadro 3.4 de granulometría del agregado grueso se encuentra en el huso 5. Los detalles del cálculo se muestran en el Anexo A.

3.4.3 Agregado global

La NTP 400.037 define como material compuesto de agregado fino y agregado grueso cuya combinación produciría un concreto de máxima compactación.

Para reducir los vacíos de la combinación de agregados grueso y fino lo realizamos con el método de agregado global.

Lo que se trata es de encontrar el máximo peso unitario compactado con la mejor combinación de agregados grueso y fino. Para esto se realiza varias combinaciones porcentuales y se encuentran sus respectivos P.U.C.

Y lo que de el máximo P.U.C. ese es la combinación óptima de los agregados lo que quiere decir con la menor cantidad de volumen de vacíos.

En el cuadro 3.5, se indica las diferentes combinaciones porcentuales y sus respectivos P.U.C.

Cuadro N° 3. 5 PUC del agregado global

ARENA	PIEDRA	PUC Kg/cm³
45%	55%	1962.086
50%	50%	2006.583
55%	45%	1997.401
60%	40%	1977.625

Fuente: Elaboración propia

Y en la figura 3.3 se muestra el P.U.C. máximo y su respectiva combinación de los agregados.

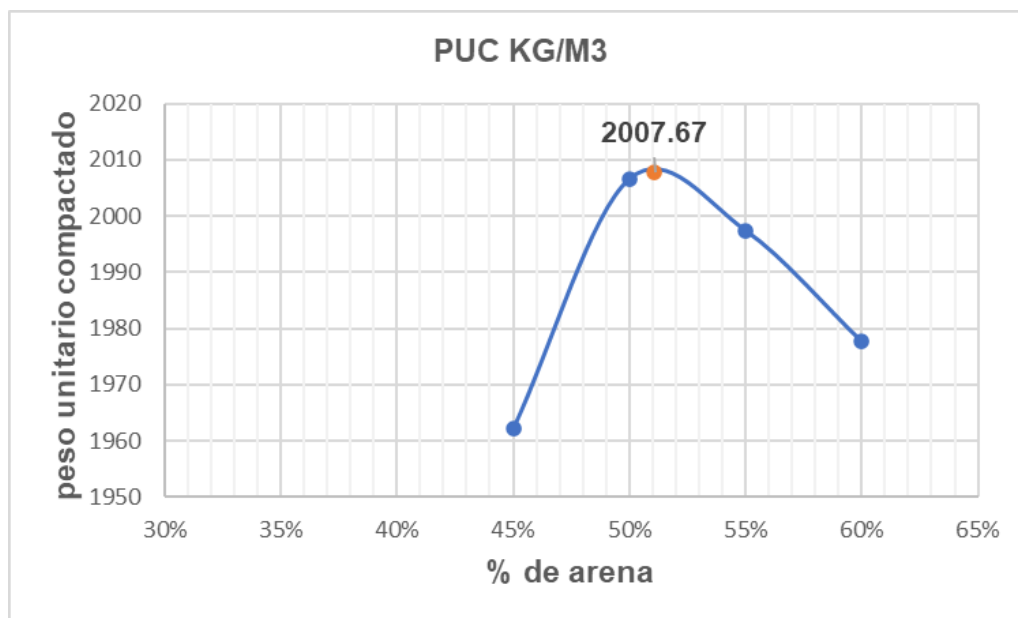


Figura N.º 3. 3 Curva del PUC del agregado global

Fuente: Elaboración propia

Los detalles de los cálculos se muestran en el Anexo A.

- Granulometría del agregado global

La NTP 400.037 en el anexo A señala los husos granulométricos considerados óptimos para las proporciones de finos y gruesos en el diseño de mezcla indicando los límites inferiores y superiores de acuerdo al tamaño del tamiz de los agregados finos y gruesos.

Para el caso del agregado global se encontró una proporción de 51% de arena fina y 49% de agregado grueso que tiene el peso unitario máximo compactado.

En el cuadro N.º 3.6 señala los límites de acuerdo al tamaño máximo nominal
Ver cuadro 3.6

Cuadro N° 3. 6 Límites granulométricos del agregado global

Tamiz	Tamaño máximo nominal		
	Tamaño máximo nominal 37,5 mm (1 ½ pulg)	Tamaño máximo nominal 19,9 mm (3/4 pulg)	Tamaño máximo nominal 9,5 mm (3/8 pulg)
50 mm (2 pulg)	100		
37,5 mm (1 ½ pulg)	95 a 100	100	
19,0 mm (3/4 pulg)	45 a 80	95 a 100	
12,5 mm (1/2 pulg)			100
9,5 mm (3/8 pulg)			95 a 100
4,75 mm (No. 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm (No. 8)			20 a 50
1,18 mm (No. 16)			15 a 40
600 µm (No. 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (No. 50)			5 a 15
150 µm (No. 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

*Incrementar 10% para finos de roca triturada

Fuente: NTP 400.037

La granulometría del agregado global se muestra en el cuadro 3.7

Cuadro N° 3. 7 Análisis granulométrico del agregado global

Tamiz	Agregado grueso % retenido	Agregado fino % retenido	Agregado global 51%AF+49%AG	% Retenido acumulado	% Que pasa
1 1/2"	0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
1"	5.21%		2.55%	2.55%	97.45%
3/4"	48.84%		23.93%	26.48%	73.52%
1/2"	43.10%		21.12%	47.60%	52.40%
3/8"	1.83%	0.00%	0.90%	48.50%	51.50%
N.º 4	0.78%	4.88%	2.87%	51.37%	48.63%
N.º 8	0.24%	20.74%	10.70%	62.07%	37.93%
N.º 16		22.40%	11.42%	73.49%	26.51%
N.º 30		16.65%	8.49%	81.98%	18.02%
N.º 50		13.02%	6.64%	88.62%	11.38%
N.º 100		14.49%	7.39%	96.01%	3.99%
Fondo		7.82%	3.99%	100.00%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%		

módulo de finura

5.31

Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica se muestra en la figura 3.4

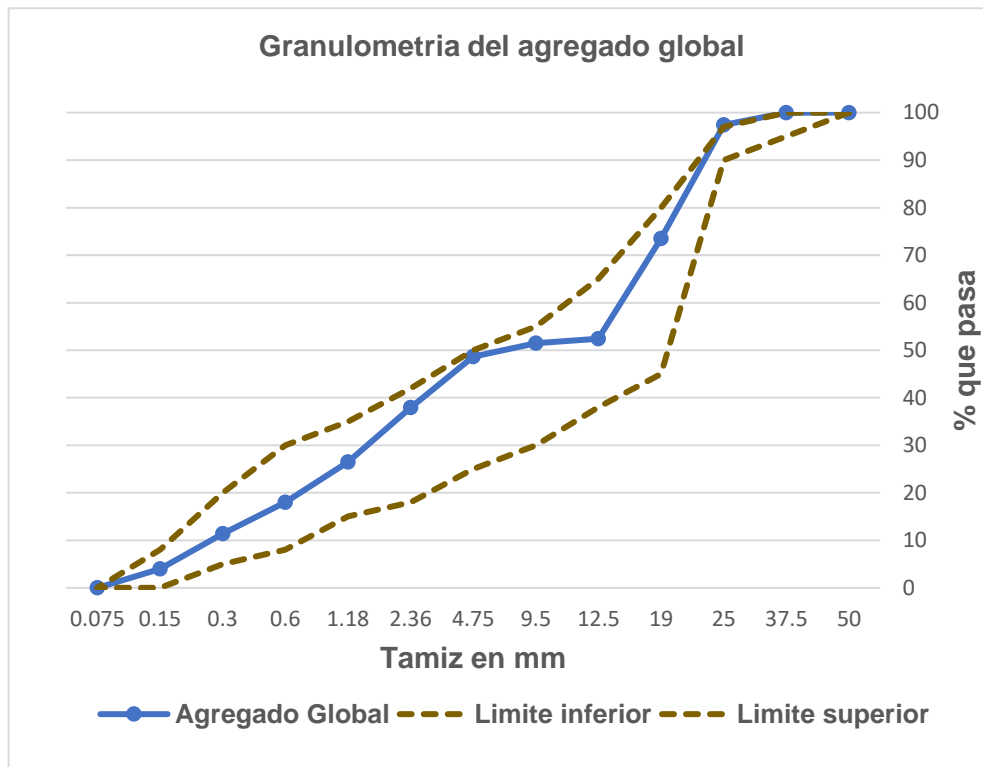


Figura Nº 3. 4 Curva granulométrica del agregado global

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 3.7 se obtiene el módulo de finura del agregado global igual a 5.3

El agregado global presenta un volumen de vacíos mínimo de tal manera de obtener la mínima cantidad de pasta de cemento.

CAPÍTULO IV DISEÑO DE MEZCLAS

4.1 DEFINICIÓN DE DISEÑO DE MEZCLAS

Diseño de mezcla es el cálculo de las proporciones de los materiales para fabricar concreto con las propiedades requeridas.

En la Norma de Concreto Armado E.060 señala en uno de sus artículos la 5.2.1 el concreto se debe diseñar para que se logra trabajabilidad y consistencia para colocar fácilmente en los encofrados de distintos tipos y alrededor de las armaduras, sin segregación ni exudación excesiva y además que cumpla con la resistencia específica en el concreto endurecido.

4.2 MEZCLA DE CONCRETO

En el artículo 5.8 de la Norma E.060 señala que todo concreto debe mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales.

El mezclado debe efectuarse por lo menos durante 90 seg. después de que todos los materiales estén dentro de la mezcladora.

Es importante lograr un buen mezclado de los materiales a fin de que se obtenga una mezcla homogénea y evitar las segregaciones.

4.3 DISEÑOS INICIALES DE LA MEZCLA DE CONCRETO

En el diseño inicial se tiene que encontrar las proporciones de los materiales que componen el concreto, de tal modo de ajustar la mezcla hasta que satisfaga los requerimientos del concreto, partiendo de primeras estimaciones para el agua de diseño, manteniendo constante la relación A/C y con la proporción de agregado fino y grueso que es resultado del ensayo de peso unitario compactado del agregado global que da un valor máximo.

La proporción es de 51% para el agregado fino y de 49% para el agregado grueso que da un mínimo volumen de pasta.

4.3.1 Cálculo del agua de diseño

Se prepara la mezcla con agua de diseño de 193 lts/m³ como primera estimación y luego se realiza ajustes de las proporciones hasta lograr un asentamiento en el rango de 3" a 4".

- Relación A/C : 0.60
- Tamaño Máximo Nominal (TMN) : 1"
- Asentamiento : 3" a 4"
- Contenido de aire : 1.5% para (TMN) de 1" según ACI.
- Agua estimada : 193 lts/m³
- Cemento Andino : A/C=0.60 193/0.60=321.67Kg/m³

- Cálculo de volúmenes de los materiales para 1m³ de concreto.

$$\text{Volumen de agua} = \text{Peso/P.e. agua} = 193/1000 = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = 321.667/3150 = 0.102 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de aire} = 1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado} = (1 - (0.193 + 0.102 + 0.015)) = 0.689 \text{ m}^3$$

Proporción de arena 51% y piedra 49%

$$\text{Peso del agregado} = \text{Peso de la arena} + \text{Peso de la piedra}$$

$$\text{Peso de la arena} = 0.51 (\text{Peso de la arena} + \text{Peso de la piedra})$$

$$2577 \text{ volumen arena} = 0.51 (1,859.970 - 119 \text{ Volumen arena})$$

$$\text{Volumen arena} = 0.3596 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen piedra} = 0.3303 \text{ m}^3$$

- Cálculo de peso seco de la arena y piedra

$$\text{Peso seco de la arena} = P_e \times V = 2,577 \times 0.3596 = 926.689 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso seco de la piedra} = P_e \times V = 2,696 \times 0.3303 = 890.489 \text{ Kg/m}^3$$

- Cálculo del peso húmedo de la arena y piedra

$$\text{Peso húmedo de la arena} = 926.689 (1 + 0.0214) = 946.520$$

$$\text{Peso húmedo de la piedra} = 890.489 (1 + 0.00496) = 894.906$$

- Aporte de agua

$$\text{Arena} = 926.689 (0.0214 - 0.01937) = + 1.880 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Piedra} = 890.489 (0.00496 - 0.00730) = - 2.084 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Aporte de agua} = (1.880 - 2.084) = - 0.204 \text{ lt/m}^3$$

- Agua efectiva

$$\text{Agua de diseño} + \text{aporte de agua} = 193 + 0.0204 = 193.204$$

En el cuadro 4.1 se muestra el diseño de la mezcla de prueba.

Cuadro N° 4. 1 Diseño de la mezcla de prueba A/C: 0.60

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	321.67	kg/m ³
Agua:	193.19	L/m ³
Arena:	946.57	kg/m ³
Piedra:	894.85	kg/m ³
Slump	1 1/2	Pulg.

Fuente: Elaboración propia

Se prepara la mezcla de prueba con estas proporciones de materiales, donde se obtiene un asentamiento de 1 ½" con agua de diseño de 193 lts/m³ como primera estimación. Se hace un reajuste el agua de diseño a 205 lt/m³ y se obtiene un asentamiento de 2 ½".

Se vuelve hacer otro reajuste al agua de diseño a 205 lt/m³ con un asentamiento de 3".

Finalmente se vuelve a reajustes el agua de diseño a 225 lt/m³ obteniéndose un asentamiento de 4", lo cual cumple con el requerimiento exigido para el concreto. Por lo tanto, para la relación de A/C; 0.60 el agua de diseño es de 225 lt/m³.

El diseño obtenido con la mezcla de prueba para 1 m³ de concreto que cumple con el asentamiento de 4" es el que se muestra en el cuadro 4.2 para la relación A/C: 0.60

Cuadro N° 4. 2 Diseño de la mezcla de prueba A/C: 0.60 slump 4"

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	375	kg/m ³
Agua:	225.18	L/m ³
Arena:	879.43	kg/m ³
Piedra:	831.38	kg/m ³
Slump	4	Pulg.

Fuente: Elaboración propia

Con el mismo procedimiento de diseño se realizó para las otras relaciones A/C: 0.65 y 0.70.

4.3.2 Cálculo de la proporción óptima de agregados

Con los resultados del agua de diseño del concreto para las diferentes relaciones A/C: 0.60, 0.65 y 0.70 y con el resultado de la proporción de los agregados obtenidos del ensayo de peso unitario compactado del agregado global, de 51% de agregado fino, se preparan mezclas de concreto con 48%, 51%, 54%, 57% de proporción de agregado fino para cada relación de A/C 0.60, 0.65 y 0.70, para sacar probetas y realizar ensayos de resistencia a la compresión a los 7 días.

El cuadro 4.3 muestra la resistencia a la compresión a los 7 días versus la proporción de agregado fino para la relación A/C: 0.60.

Cuadro N° 4. 3 Resistencia a la compresión a los 7 días

ARENA	PIEDRA	f'c kg/cm ²
48%	52%	197.66
51%	49%	189.33
54%	46%	235.01
57%	43%	206.33

Fuente : Elaboración propia

En la figura 4.1 muestra de manera gráfica la resistencia a la compresión a los 7 días versus la proporción de agregado fino para la relación A/C: 0.60.

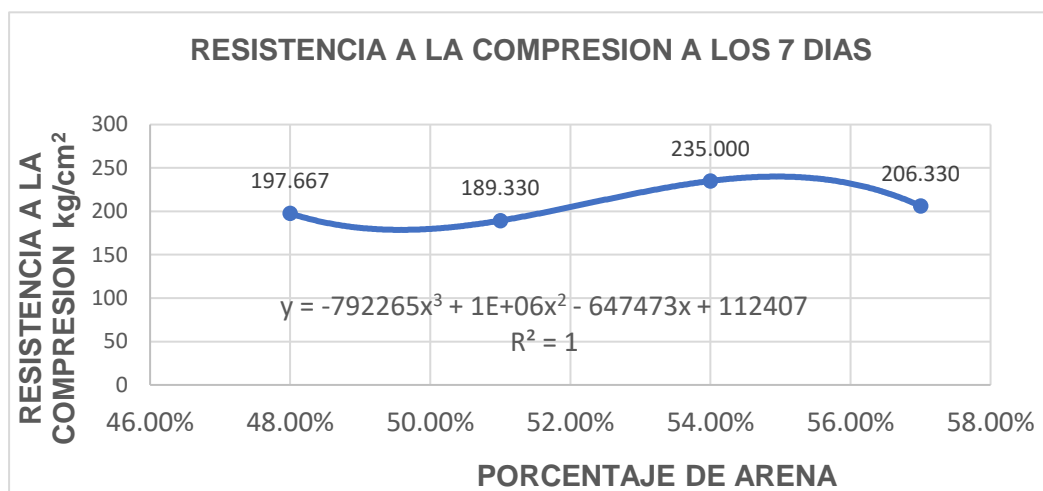


Figura N°4. 1 Curva de resistencia a la compresión a los 7 días

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2 se muestra la superposición del peso unitario compactado con la resistencia a la compresión a los 7 días para la relación A/C: 0.60

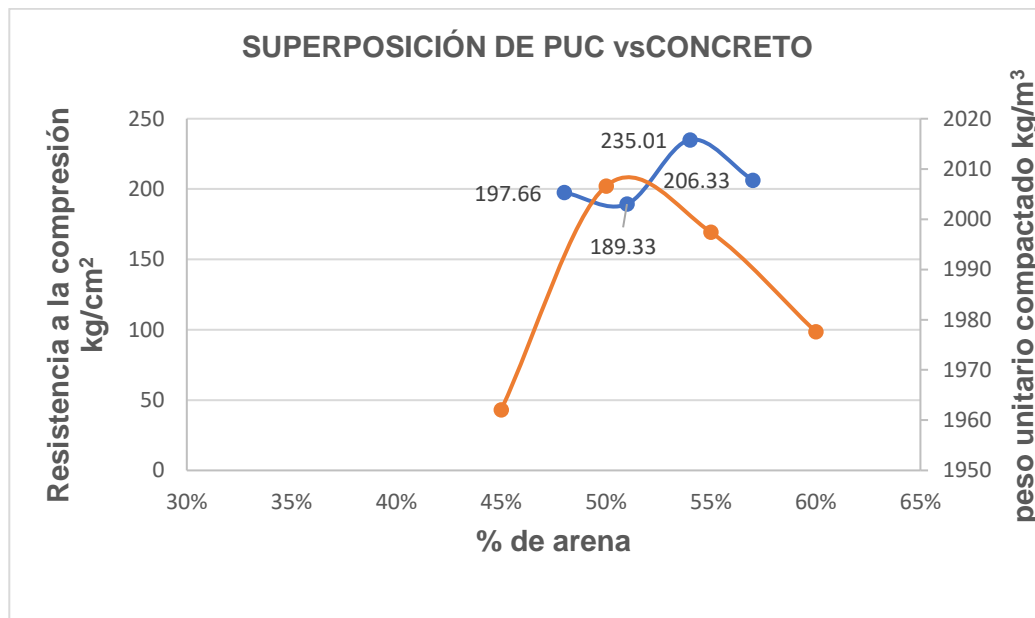


Figura N°4. 2 Superposición de PUC vs resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2 se superponen el peso unitario compactado y la resistencia a la compresión de donde se obtiene la óptima combinación de arena y piedra donde la arena es de 54.94% y la piedra 45.06%. Con esta proporción de agregados y el agua de diseño se procede a diseñar las mezclas definitivas.

Con el mismo procedimiento se halla la proporción óptima de agregados para las otras relaciones A/C: 0.65 y 0.70.

4.4 DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN

Para el diseño de la mezcla se utilizó el método del ACI y el método del agregado global luego de las mezclas de prueba, que cumplen con el asentamiento de 3" a 4" en estado fresco y la realización de ensayos del concreto en estado endurecido de la resistencia a la compresión se determinó las proporciones de los agregados fino y grueso par cada relación de A/C: 0.60, 0.69 y 0.70, se obtuvo la mezcla patrón con sus proporciones de los diferentes materiales para cada relación A/C: 0.60, 0.65 y 0.70.

En el cuadro 4.4 se muestra el diseño del concreto patrón para la relación A/C de 0.60, para 1 m³ de mezcla de concreto

Cuadro N^o 4. 4 Diseño de mezcla de concreto patrón A/C: 0.60

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	375.00	kg/m ³
Agua:	224.89	L/m ³
Arena:	945.69	kg/m ³
Piedra:	763.17	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.5 se muestra el diseño del concreto patrón para una relación A/C de 0.65 para 1 m³ de mezcla de concreto

Cuadro N^o 4. 5 Diseño de mezcla de concreto patrón A/C: 0.65

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	338.46	kg/m ³
Agua:	219.89	L/m ³
Arena:	970.01	kg/m ³
Piedra:	783.11	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.6 se muestra el diseño de concreto patrón para una relación A/C de 0.70 para 1 m³ de concreto.

Cuadro N° 4. 6 Diseño de mezcla de concreto patrón A/C: 0.70

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	300	kg/m ³
Agua:	209.87	L/m ³
Arena:	1006.16	kg/m ³
Piedra:	806.083	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Los detalles de los cálculos se muestran en el Anexo B.

4.5 DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO

ACELERANTE

Para el diseño de mezcla se utilizó el método del ACI y el método de agregado global.

Para conocer el efecto del aditivo acelerante “Chema Estruct” en el concreto, que es el tema de esta investigación, se diseñó la mezcla de concreto patrón con el aditivo acelerante considerando tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento en cada relación de A/C 0.60, 0.65 y 0.70.

Para el diseño se consideró el aditivo acelerante que tiene presentación líquida como el agua de la mezcla de manera de no afectar la relación A/C.

En los cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 se muestran los diseños del concreto patrón con aditivo para la relación A/C 0.60

Cuadro N° 4. 7 Diseño de concreto A/C 0.60 con 250ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	375	kg/m ³
Agua:	222.68	L/m ³
Arena:	945.69	kg/m ³
Piedra:	763.17	kg/m ³
Aditivo	2.21	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4. 8 Diseño de concreto A/C 0.60 con 375ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	375	kg/m ³
Agua:	221.58	L/m ³
Arena:	945.69	kg/m ³
Piedra:	763.17	kg/m ³
aditivo	3.31	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4. 9 Diseño de concreto A/C 0.60 con 500ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	375	kg/m ³
Agua:	220.47	L/m ³
Arena:	945.69	kg/m ³
Piedra:	763.17	kg/m ³
aditivo	4.42	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

En los cuadros 4.10, 4.11, 4.12 se muestran los diseños del concreto con aditivo para la relación A/C 0.65

Cuadro N° 4. 10 Diseño de concreto A/C 0.65 con 250ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	338.46	kg/m ³
Agua:	217.90	L/m ³
Arena:	970.01	kg/m ³
Piedra:	783.11	kg/m ³
aditivo	1.99	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4. 11 Diseño de concreto A/C 0.65 con 375ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	338.46	kg/m ³
Agua:	216.9	L/m ³
Arena:	970.01	kg/m ³
Piedra:	783.11	kg/m ³
aditivo	2.99	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4. 12 Diseño de concreto A/C 0.65 con 500ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	338.46	kg/m ³
Agua:	215.91	L/m ³
Arena:	970.01	kg/m ³
Piedra:	783.11	kg/m ³
aditivo	3.98	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

En los cuadros 4.13, 4.14, 4.15 se muestran los diseños del concreto con aditivo para la relación A/C 0.70

Cuadro N° 4. 13 Diseño de concreto A/C 0.70 con 250ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	300	kg/m ³
Agua:	208.1	L/m ³
Arena:	1006.16	kg/m ³
Piedra:	806.08	kg/m ³
aditivo	1.77	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4. 14 Diseño de concreto A/C 0.70 con 375ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	300	kg/m ³
Agua:	207.22	L/m ³
Arena:	1006.16	kg/m ³
Piedra:	806.08	kg/m ³
aditivo	2.65	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4. 15 Diseño de concreto A/C 0.70 con 500ml de aditivo acelerante

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento:	300	kg/m ³
Agua:	206.33	L/m ³
Arena:	1006.16	kg/m ³
Piedra:	806.08	kg/m ³
aditivo	3.54	litros/m ³

Fuente: Elaboración propia

Los detalles de los cálculos se muestran en el Anexo C

CAPÍTULO V PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

5.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

5.1.1 Asentamiento (NTP 339.035)

El asentamiento es un ensayo que se realizó según la NTP 339.035.

La mezcla de concreto fresco es colocada en el cono de abrams en 3 capas, a cada capa se le aplica 25 golpes con una varilla de acero en seguida se levanta el molde verticalmente, luego se procede a medir el asentamiento que es la diferencia entre la altura del molde y la muestra del concreto descendido.

5.1.2 Peso unitario (NTP 339.046)

El peso unitario del concreto fresco es determinado por la NTP 339.046.

Se llena la mezcla de concreto en el recipiente en 3 capas, a cada capa se le da 25 golpes con la barra compactadora y se le da 10 a 15 golpes laterales con el mazo al recipiente con la finalidad de eliminar las burbujas de aire. Luego se alisa con una placa plana la parte superior del recipiente y en seguida se procede a limpiar la parte lateral de alguna mezcla y en seguida se procede a pesar, para luego dividir el peso de la mezcla entre el volumen ocupado.

5.1.3 Contenido de aire (NTP 339.0831)

El contenido de aire se determina mediante la NTP 339.083 se coloca en 3 capas de mezcla de concreto, en el recipiente y se compacta con 25 golpes cada capa con la varilla, en cada capa se le da 10 a 15 golpes con el martillo de goma de goma a las caras del recipiente para liberar el aire atrapado.

Se procede a cerrar la válvula de purga de aire para verter agua por una de sus válvulas hasta que el agua salga por la válvula opuesta, luego bombear aire hasta que la aguja llegue a la presión inicial, cerrar las llaves de purga y abrir la válvula de aire, para finalmente leer el contenido de aire en la muestra de concreto.

5.1.4 Exudación (NTP 339.077)

La NTP 339.077 señala el procedimiento para el ensayo de exudación del concreto fresco.

Se realiza este ensayo para ver los efectos de las variables de los componentes de concreto.

Se coloca la mezcla en un recipiente en 3 capas y se le da 25 golpes con la barra compactadora en cada capa y 15 golpes laterales, se le deja libre 25.4 mm de la altura del recipiente para la exudación del concreto.

Se saca el agua acumulada en la superficie con una pipeta cada 10 minutos durante 40 minutos, luego cada 30 minutos hasta que termine de exudar.

Para calcular el agua de exudación acumulada, como porcentaje del agua de mezclado se realiza con la siguiente formula

$$\text{Exudación \%} = (D/C) \times 100$$

$$C = \left(\frac{W}{w}\right) S$$

C = masa del agua de la muestra de ensayo en gr.

W = masa total de la tanda, en Kg.

w = agua de mezclado neta.

S = masa de la muestra en grs.

D = volumen total extraído de la muestra de ensayo en cm³.

5.1.5 Tiempo de fraguado (NTP 339.082)

La NTP 339.082 señala el procedimiento para el ensayo del tiempo de fraguado del concreto fresco.

El ensayo se realiza para ver los efectos de las variables de los componentes del concreto.

Se realiza por medio de la medición de la resistencia a la penetración de un mortero tamizado del concreto fresco.

La muestra se obtiene del tamizado del concreto fresco por la malla N.º 4.

Se coloca la muestra tamizada en un recipiente y se consolida mediante golpes laterales.

Se realiza penetraciones y se mide la resistencia hasta que tenga una resistencia a la penetración de 4000 psi.

Con estos resultados se realiza la gráfica de resistencia a la penetración vs tiempo, y de esta gráfica se obtiene el tiempo de fraguado final y el tiempo de fraguado inicial.

Siendo la resistencia a la penetración de 4000 psi para el tiempo de fraguado final y de 500 psi para el tiempo de fraguado inicial.

5.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

5.2.1 Ensayo de la resistencia a la compresión (NTP 339.034)

La NTP 339.034 indica el procedimiento para realizar el ensayo de la resistencia a la compresión.

El procedimiento a seguir es someter a una carga axial a la probeta cilíndrica hasta que falle.

La base de las probetas cilíndricas debe ser planas, sino lo fueran serán cortadas o cepilladas de tal manera que sea plana.

La probeta se debe centrar correctamente antes de aplicar la carga.

La resistencia a la compresión se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{4}{\pi} \times \frac{G}{D^2}$$

R= Resistencia a la compresión (Kg/cm²)

D=Diámetro de la probeta (cms)

G=Carga axial (Kg)

5.2.2 Ensayo de la resistencia a la tracción por compresión diametral (ASTM – C496)

La Norma ASTM – C496 indica el procedimiento para realizar el ensayo a la resistencia a la tracción por compresión diametral.

Lo cual consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a lo largo de la longitud de la probeta cilíndrica hasta que falle.

Para repartir la carga a lo largo de la probeta, se colocan tiras de triplay, debajo y encima de la probeta.

Se debe alinear correctamente la probeta en la maquina antes de aplicar la carga, se calcula con la siguiente formula:

$$T = \frac{2P}{\pi DL}$$

T = Resistencia a la tracción (Kg/cm²)

P = Carga indicada por la máquina de ensayo (Kg)

L = Longitud de la probeta (cm)

D = Diámetro de la probeta (cm)

5.2.3 Módulo elástico (ASTM – C469)

La Norma ASTM – C469 señala el procedimiento para realizar el ensayo de módulo de elasticidad estático. Este ensayo da un valor de la relación entre la tensión y la deformación de la probeta que ha sido sometida a cargas hasta el 40% del valor de la resistencia última.

La probeta a ser ensayada debe tener bases planas si no lo tuviera debe ser rectificado.

La probeta se coloca alineado entre el eje de la probeta y el centro de empuje de la máquina de ensayo.

La fórmula es:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{e_2 - e_1}$$

E = Módulo elástico (Kg/cm²)

S₂ = Esfuerzo al 40% de la carga última.

S₁ = Esfuerzo a la deformación unitaria

e₂ = Deformación unitaria debido al esfuerzo S₂

e₁ = Deformación unitaria igual a 5 x 10⁻⁴ cm/cm

CAPÍTULO VI RESULTADOS

6.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO

Los ensayos del concreto fresco y endurecido se realizaron en el laboratorio de ensayo de materiales LEM – UNI, a partir de estos ensayos se obtuvieron resultados del concreto fresco y concreto endurecido.

Los detalles de estos resultados del concreto fresco se muestran en el Anexo D. Los detalles de los resultados del concreto endurecido se muestran en el Anexo E.

6.1.1 Resultados de los ensayos del concreto fresco

Los resultados de los ensayos del concreto fresco del concreto con aditivo acelerante, de A/C: 0.60 y las dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento, son mostrados en el Cuadro 6.1

Cuadro N° 6. 1 Resultados de ensayos al concreto fresco A/C: 0.60

Ensayos de concreto fresco	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
Asentamiento pulg.	4	4	3.75	3.75
Peso Unitario kg/m ³	2331.57	2313.56	2318.86	2319.92
Contenido de aire %	1.5	1.8	2.0	1.8
Exudación %	2.04	2.53	1.71	1.83
Tiempo de Fragua Inicial h-min	5h 10min	5h 05min	4h 40min	4h 22min
Tiempo de fragua final h-min	6h 42min	6h 33min	6h 10min	5h 53min

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos del concreto fresco del concreto con aditivo acelerante, de A/C: 0.65 y las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento, son mostrados en el Cuadro 6.2

Cuadro N° 6. 2 Resultados de ensayos al concreto fresco A/C: 0.65

Ensayos de concreto fresco	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
Asentamiento pulg.	4	4	3.75	3.75
Peso Unitario kg/m ³	2323.09	2334.75	2331.57	2329.45
Contenido de aire %	1.6	1.75	1.9	1.5
Exudación %	2.45	3.47	3.61	2.12
Tiempo de Fragua Inicial h-min	5h 02min	4h 35min	4h 38min	4h 49min
Tiempo de fragua final h-min	7h 00min	6h 17min	5h 58min	6h 22min

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos del concreto fresco del concreto con aditivo acelerante, de A/C: 0.70 y las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento, son mostrados en el Cuadro 6.3

Cuadro N° 6. 3 Resultados de ensayo al concreto fresco A/C: 0.70

Ensayos de concreto fresco	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
Asentamiento pulg.	4	3.75	3.75	3.75
Peso Unitario kg/m ³	2330.5	2332.61	2330.5	2331.57
Contenido de aire %	1.7	1.8	1.8	2.0
Exudación %	1.74	1.82	1.99	1.81
Tiempo de Fragua Inicial h-min	4h 40min	4h 02min	4h 30min	4h 03min
Tiempo de fragua final h-min	7h 00min	5h 53min	6h 02min	5h 38min

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Resultados de los ensayos del concreto endurecido

- Ensayo de la resistencia a la compresión

Los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión para el concreto patrón con aditivo acelerante de A/C: 0.60 y las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento son mostrados en el Cuadro 6.4

Cuadro N° 6. 4 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.60

Resistencia a la compresión Kg/cm²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
1 día	80.48	122.64	127.88	131.64
3 días	202.79	211.83	217.25	211.89
7 días	245.28	260.67	259.2	292.57
28 días	285.94	357.81	346.87	361.42

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión para el concreto patrón con aditivo acelerante de A/C 0.65 y las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml. y 500 ml son mostrados en el Cuadro 6.5

Cuadro N° 6. 5 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.65

Resistencia a la compresión kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
1 día	73.86	95.33	116.53	118.18
3 días	184.93	181.93	209.81	195.4
7 días	194.17	224.65	231.66	234.66
28 días	270.63	309.95	336.71	343

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión para el concreto patrón con aditivo acelerante de A/C: 0.70 con las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml son mostrados en el Cuadro 6.6.

Cuadro N° 6. 6 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.70

Resistencia a la compresión kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
1 día	55.77	70.27	71.2	90.23
3 días	130.04	168.81	168.08	172.35
7 días	188.49	198.53	192.43	200.12
28 días	241.11	255.83	263.3	260.52

Fuente: Elaboración propia

- Ensayo de la resistencia a la tracción por compresión diametral.

Para el concreto patrón con aditivo acelerante de A/C: 0.60 con las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml, se muestran los resultados en el Cuadro 6.7.

Cuadro N° 6. 7 Resultados de resistencia a tracción A/C: 0.60

Resistencia a la tracción Kg/cm²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
1 día	14.22	16.87	15.95	17.88
3 días	25.67	26.23	24.81	26.85
7 días	27.98	28.46	30.31	31.47
28 días	32.66	33.16	31.87	33.1

Fuente: Elaboración propia

Para el concreto patrón con aditivo acelerante de A/C/ 0.65 con tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml, se muestran los resultados en el Cuadro 6.8

Cuadro N° 6. 8 Resultados de resistencia a tracción A/C: 0.65

Resistencia a la tracción kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
1 día	13.85	14.94	14.17	15.25
3 días	19.58	18.44	18.33	22.78
7 días	24.55	21.47	27.92	28.26
28 días	30.72	30.3	31.57	31.9

Fuente: Elaboración propia

Para el concreto patrón con aditivo acelerante de A/C 0.70 con tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml se muestran los resultados en el Cuadro 6.9

Cuadro N° 6. 9 Resultados de resistencia a tracción A/C: 0.70

Resistencia a la tracción kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
1 día	10.8	13.58	12.78	13.22
3 días	18.09	23.47	21.75	23.82
7 días	24	27.88	27.6	27.61
28 días	29.68	30.45	30.67	30.64

Fuente: Elaboración propia

- Módulo elástico

En el cuadro 6.10 se muestran los resultados del módulo elásticos del concreto patrón con aditivo de A/C: 0.60 en las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento.

Cuadro N° 6. 10 Resultados del ensayo de módulo elástico A/C: 0.60

Módulo Elástico kg/cm²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
28 días	195,675.33	211,667.71	205,052.72	211,982.82

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6.11 se muestran los resultados del módulo elástico del concreto patrón con aditivo de A/C: 0.65 en las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento.

Cuadro N° 6. 11 Resultados del ensayo de módulo elástico A/C: 0.65

Módulo Elástico kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
28 días	193,807.87	200,109.03	204,494.45	204,627.49

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6.12 se muestran los resultados del módulo elástico del concreto patrón con aditivo de A/C: 0.70 en las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento.

Cuadro N° 6. 12 Resultados del ensayo de módulo elástico A/C: 0.70

Módulo Elástico kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
28 días	191,389.40	192,961.75	193,232.13	193,178.39

Fuente: Elaboración propia

6.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS AGREGADOS

Los agregados ocupan aproximadamente las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total del concreto, por lo que es muy importante conocer sus propiedades, ya que los agregados influyen en el comportamiento del concreto.

Los agregados aportan resistencias propias a la resistencia a la compresión del concreto y aportan durabilidad propia al concreto.

Los agregados al mezclarse con la pasta de cemento se generan superficies de adherencia que forman parte de la resistencia del concreto.

Al realizar el análisis de los resultados nos indica si estas propiedades de los agregados son las adecuadas para preparar el concreto, de tal modo de obtener un concreto que cumpla con las características requeridas.

6.2.1 Agregado fino

El agregado fino proviene de la cantera "TRAPICHE" presenta un % de absorción de 1.94% y un contenido de humedad de 2.14%, estos son resultados importantes para el diseño de la mezcla de cemento, ya que se puede conocer en qué estado se encuentra el agregado y de acuerdo a este realizar la corrección del agua de mezclado, tiene un peso específico de masa de 2,577 gr/cm³ valor importante para el cálculo de cantidades de agregado en el diseño del concreto.

En el análisis granulométrico del agregado fino se obtiene un resultado para el módulo de finura de 3.1, valor que está dentro de los valores indicados por la NTP 400.037

6.2.2 Agregado grueso

El agregado grueso proviene de la cantera "UNICON" el agregado grueso tiene un % de absorción de 0.73% y un contenido de humedad de 0.50% resultados importantes para el diseño de mezcla, tiene un peso específico de masa de 2.70 gr/cm³.

La curva granulométrica está dentro de los límites del Huso 5 indicado en la NTP 400.037, tiene una buena granulometría permitiendo obtener un mínimo de vacíos que se traduce en mayor resistencia, buena durabilidad, buena manejabilidad sin segregación, ni exudación excesiva.

Del análisis granulométrico se obtiene el tamaño máximo del agregado que resulta de 1 ½" y el tamaño máximo nominal de 1", módulo de finura de 7.53.

6.2.3 Agregado global

Los resultados del ensayo para agregado global muestran que la proporción de los agregados es de 51% de arena y 49% de piedra y Peso Unitario Compactado Máximo de 2007.67 Kg/m³ de tal modo de obtener una mezcla con un mínimo de vacíos y con las propiedades requeridas del concreto.

En cuanto a la granulometría del agregado global se encuentra dentro de los límites señalados por la NTP 400.037.

6.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CONCRETO FRESCO

El concreto fresco tiene esta condición desde que se mezcle hasta que empiece el fraguado.

El concreto en su estado fresco debe ser trabajable de tal modo que se pueda transportar, colocar compactar, moldearse con facilidad, ser homogénea y no tener excesiva exudación, ni segregación, se debe tener en cuenta que cuando el concreto fresco empieza a fraguar no se puede utilizar.

Las propiedades del concreto fresco indican la calidad de la mezcla en su estado fresco y además si cumple con las condiciones requeridas del concreto que es el asentamiento, para que puede ser colocado de acuerdo a las condiciones del elemento estructural a vaciar y conocer su tiempo de fraguado que es importante para hasta que tiempo se puede utilizar la mezcla.

El análisis de los resultados del concreto fresco nos indicará el comportamiento de las diferentes mezclas de concreto fresco y como el aditivo acelerante influye con las diferentes dosificaciones.

6.3.1 Asentamiento

Los resultados para el concreto patrón y el concreto patrón con aditivo acelerante con sus diferentes dosificaciones en el ensayo de asentamiento se encuentran dentro del rango de 3" a 4" el efecto del aditivo acelerante no tiene efecto adverso en cuanto al asentamiento para las relaciones con sus diferentes dosificaciones manteniendo la trabajabilidad deseada. tal como se muestra en la fig. 6.1

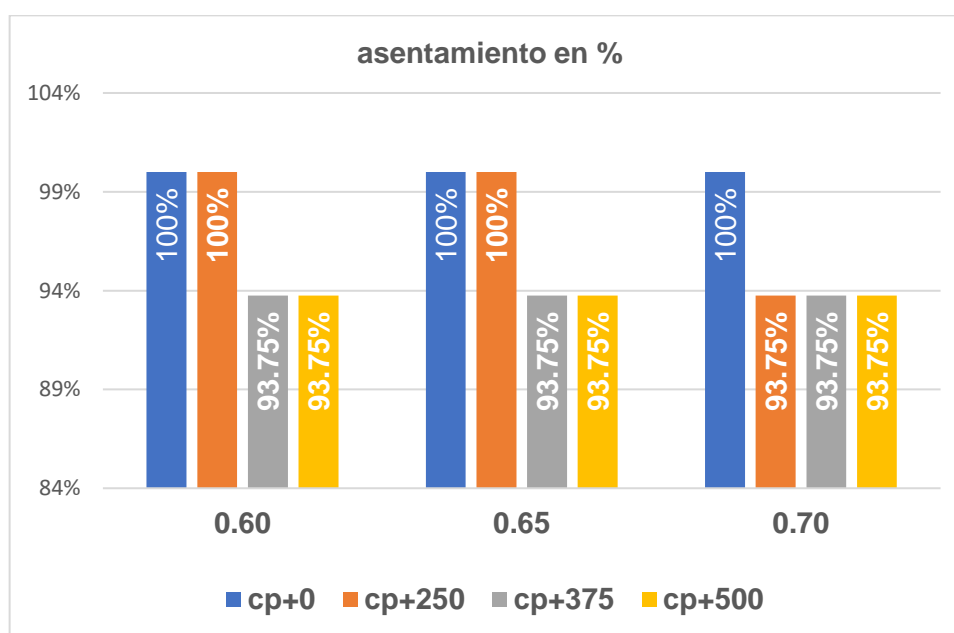


Figura Nº 6. 1 Comparación en % del asentamiento

Fuente : Elaboración propia

6.3.2 Peso unitario

Para la relación A/C 0.60, la variación es mínima menos del 1% para las 3 dosificaciones con respecto al peso unitario del concreto patrón. Ver fig. 6.2

Para la relación A/C 0.65, la variación es mínima menos del 1% para las 3 dosificaciones con respecto al peso unitario del concreto patrón. Ver fig. 6.2

En la relación A/C 0.70, la diferencia del concreto patrón con el concreto con aditivo es menos del 1% en las tres dosificaciones. Ver fig. 6.2

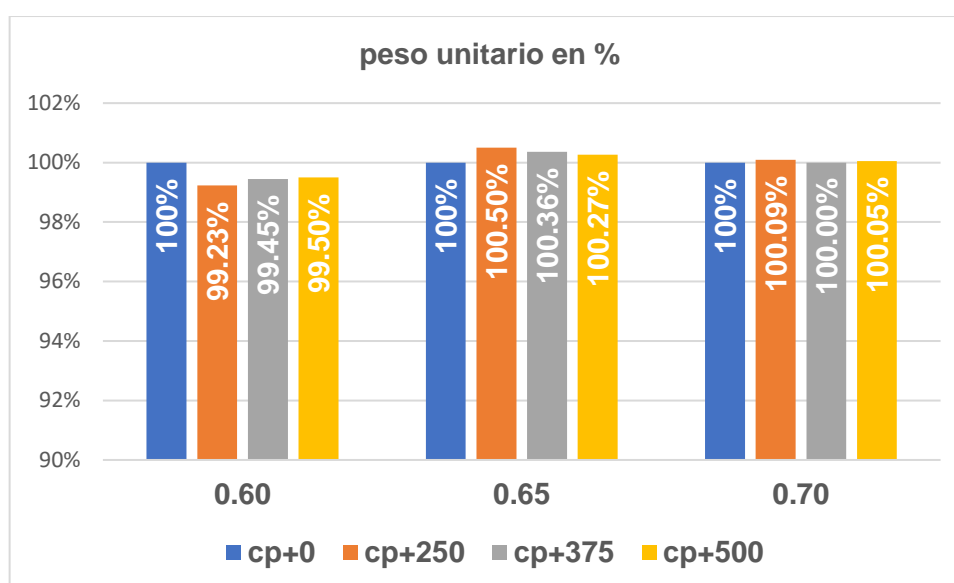


Figura Nº 6. 2 Comparación en % del peso unitario

Fuente: Elaboración propia

El efecto del aditivo acelerante es mínimo en el peso unitario del concreto.

6.3.3 Contenido de aire

El contenido de aire atrapado en el concreto patrón es de 1.5% y en la dosificación con el aditivo acelerante al 375 ml por bolsa de cemento tiene 2%, incrementándose en 133.33% en los A/C 0.60. Ver fig. 6.3

En el A/C 0.65 el contenido de aire presenta variaciones hasta 118.75% y 93.75% por efecto del aditivo acelerante con respecto al concreto patrón que es 100%. Ver fig. 6.3

En la A/C 0.70 el contenido de aire presenta variaciones hasta 117.365% con respecto al concreto patrón al 100%. Ver fig. 6.3

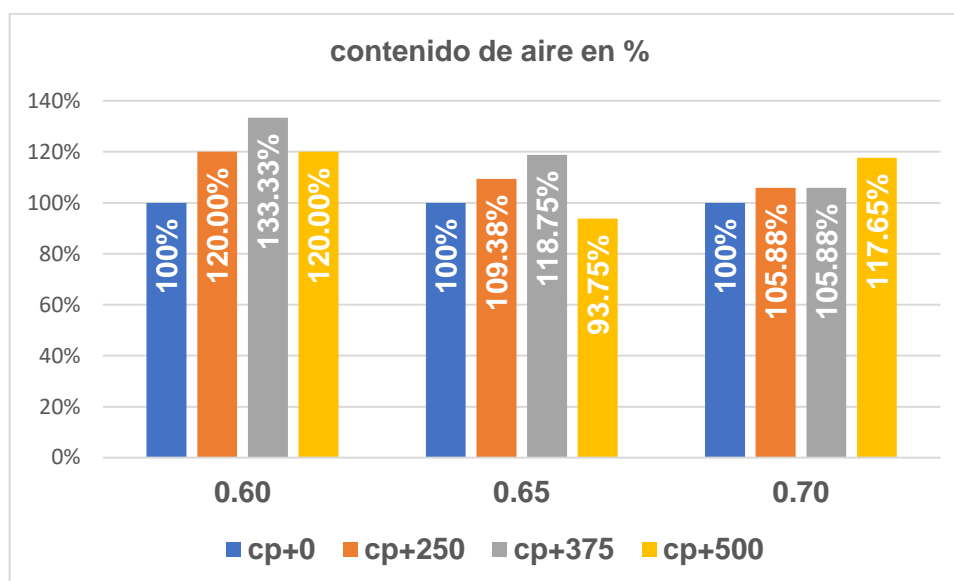


Figura Nº 6. 3 Comparación en % del contenido del aire

Fuente: Elaboración propia

6.3.4 Exudación

En la relación A/C 0.60 el concreto patrón tiene una exudación de 2.04% y con dosificación de 250 ml por bolsa de cemento de aditivo acelerante tiene 2.53% en porcentajes tiene 124.02% con respecto al concreto patrón al 100% y las otras dosificaciones, tienen 1.71% y 1.83% para 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento respectivamente. Ver fig. 6.4

En la relación A/C 0.65 el concreto patrón tiene una exudación de 2.45% y las tres dosificaciones tienen 3.47%, 3.61% y 2.12% para 250 ml, 375 ml, 500 ml respectivamente. Ver fig. 6.4

En la relación A/C 0.70 el concreto patrón tiene una exudación de 1.74% y las tres dosificaciones tienen 1.82%, 1.99% y 1.81% para 250 ml, 375 ml, 500 ml respectivamente. Ver fig. 6.4

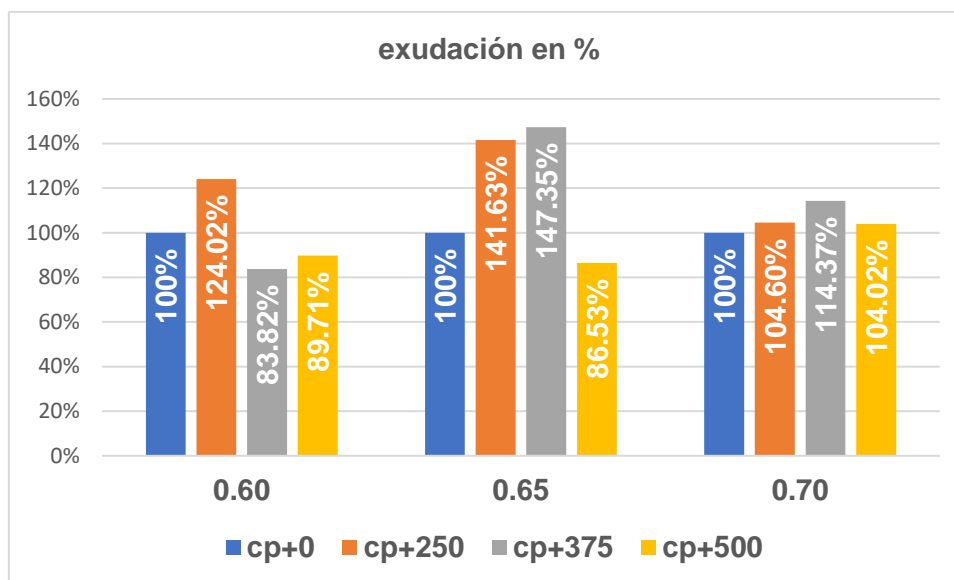


Figura N° 6. 4 Comparación en % de la exudación

Fuente: Elaboración propia

El aditivo acelerante no tiene efectos muy adversos en la exudación.

6.3.5 Tiempo de fraguado

El análisis se realiza para el tiempo de fraguado inicial y para el tiempo de fraguado final.

Para el tiempo de fraguado en la relación A/C: 0.60, el tiempo de fraguado inicial y final disminuye 48 min. y 49 min., 84.52% y 87.81% Respectivamente. en la dosificación de 500 ml de aditivo acelerante, que es el que presenta mejores resultados. Ver fig. 6.5 y fig. 6.6 respectivamente.

Para el tiempo de fraguado en la relación A/C: 0.65, el tiempo de fraguado inicial y final disminuye 13 min. y 38 min., 95.70% y 90.95% respectivamente en la dosificación de 500 ml de aditivo acelerante. Ver fig. 6.5 y fig. 6.6 respectivamente.

Para el tiempo de fraguado en la relación A/C: 0.70, el tiempo de fraguado inicial y final disminuye 37 min. y 82 min., 86.79% y 80.48% respectivamente en la dosificación de 500 ml de aditivo acelerante. Ver fig. 6.5 y fig. 6.6 respectivamente.

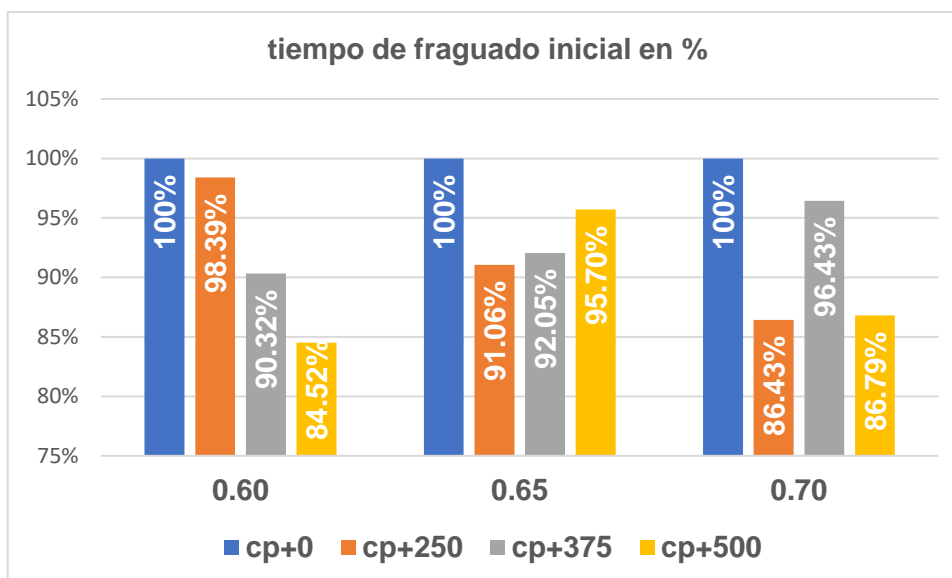


Figura Nº 6. 5 Comparación en % del tiempo del fraguado inicial

Fuente: Elaboración propia

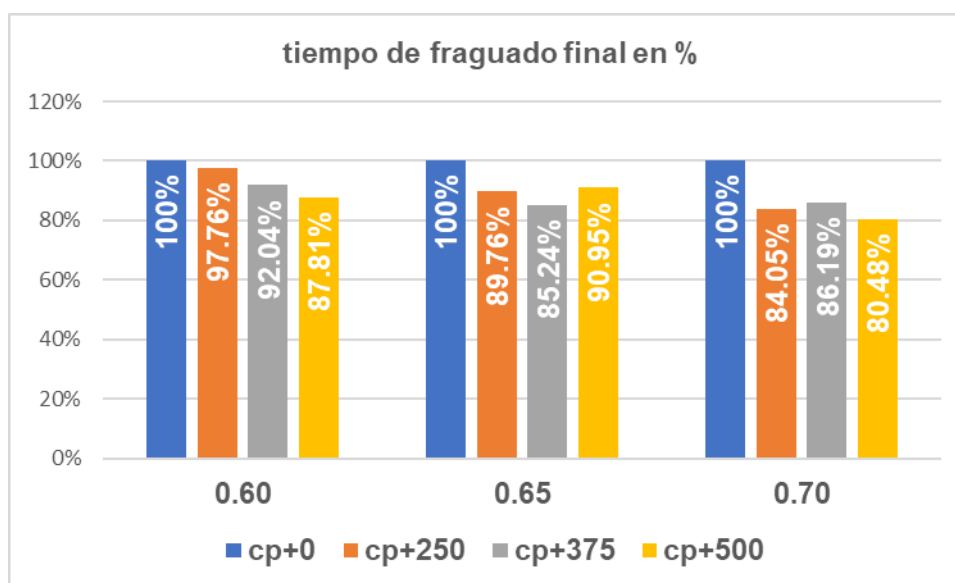


Figura Nº 6. 6 Comparación en % del tiempo de fraguado final

Fuente: Elaboración propia

6.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

El concreto endurecido, es la etapa en que se encuentra después del fraguado final, ganando resistencias paulatinamente a través del tiempo.

Lo que se analiza en esta etapa es el resultado del desarrollo de la resistencia con el tiempo y ver el efecto del aditivo acelerante con sus diferentes dosificaciones sobre todo en las primeras edades que es lo que interesa en esta investigación, lo cual esos resultados sirven para tomar decisiones para realizar el desencofrado y encontrar cual es la dosificación óptima del aditivo que logre ganar resistencias en menor tiempo.

En esta etapa se realiza el curado del concreto para promover la hidratación del cemento.

6.4.1 Resistencia a la compresión

Para la relación A/C: 0.60 y sus tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento. Los resultados se muestran el fig. 6.7

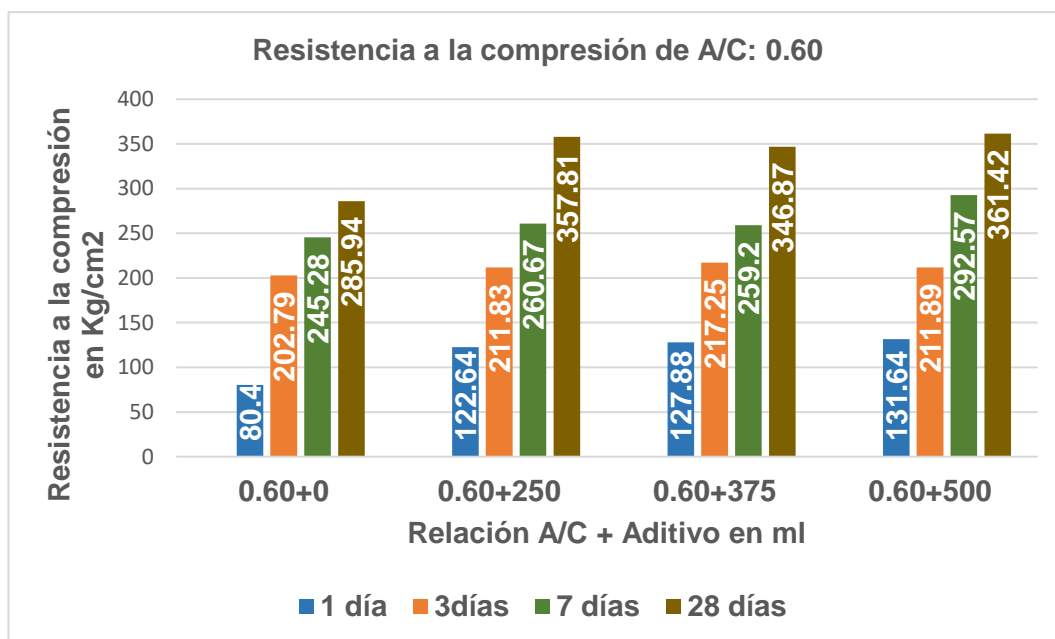


Figura Nº 6. 7 Resultados de resistencia a compresión A/C: 0.60

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la fig. 6.8, que para la edad de 1 día, el concreto con dosificación de 500 ml por bolsa de cemento tiene 63.57% más de resistencia a la compresión que el concreto sin aditivo acelerante debido al efecto del aditivo, para las demás

edades, ver fig. 6.8, se muestran ganancias de resistencia a la compresión con diferentes dosificaciones más que el concreto sin aditivo acelerante, siendo la dosificación de 500 ml de aditivo acelerante por bolsa de cemento que tiene mejores resultados. En la fig. 6.9 se muestra la curva de desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto con la dosificación de 500ml que tiene mejores resultados.

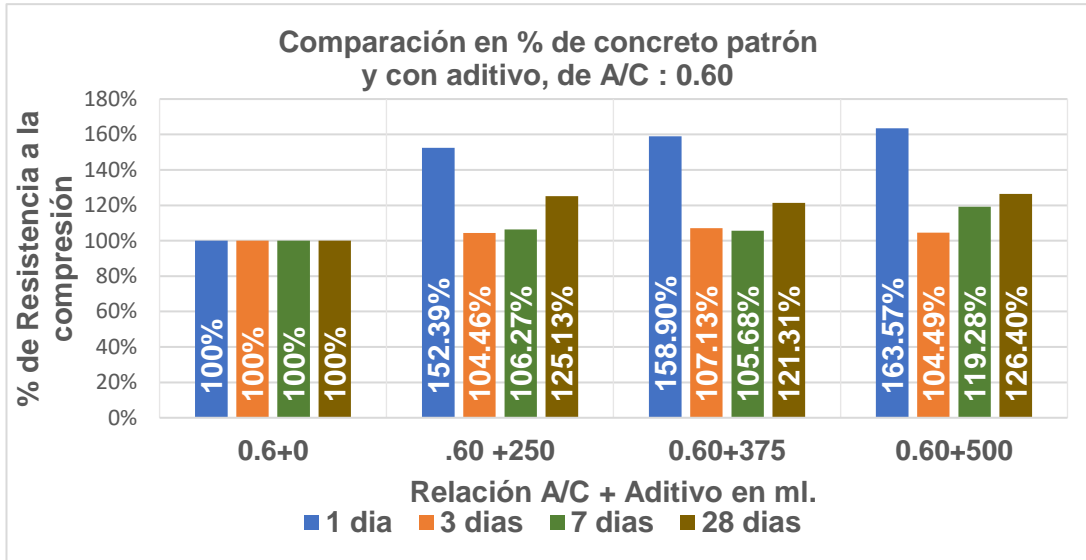


Figura Nº 6. 8 Comparación en % de resistencia a compresión A/C: 0.60

Fuente: Elaboración propia



Figura Nº 6. 9 Curva de desarrollo para la dosificación óptima

Fuente: Elaboración propia

Para la relación A/C: 0.65 con sus 3 dosificaciones los resultados se ven en la fig. 6.10. y se muestra en la fig. 6.11 que para la edad de 1 día tiene una ganancia de 60.01% más que el concreto sin aditivo, el concreto con 500 ml de aditivo acelerante. Para las demás edades tal como muestra la fig. 6.11 hay ganancias con respecto al concreto sin aditivo, siendo la dosificación óptima de 500 ml.

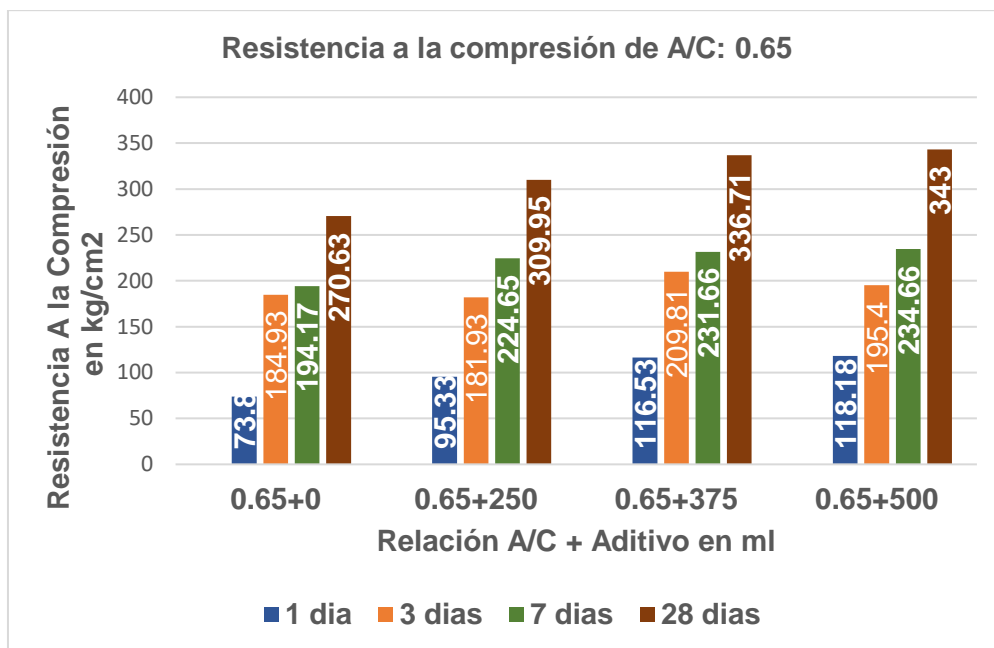


Figura Nº 6. 10 Resultados de resistencia a compresión A/C. 0.65

Fuente: Elaboración propia

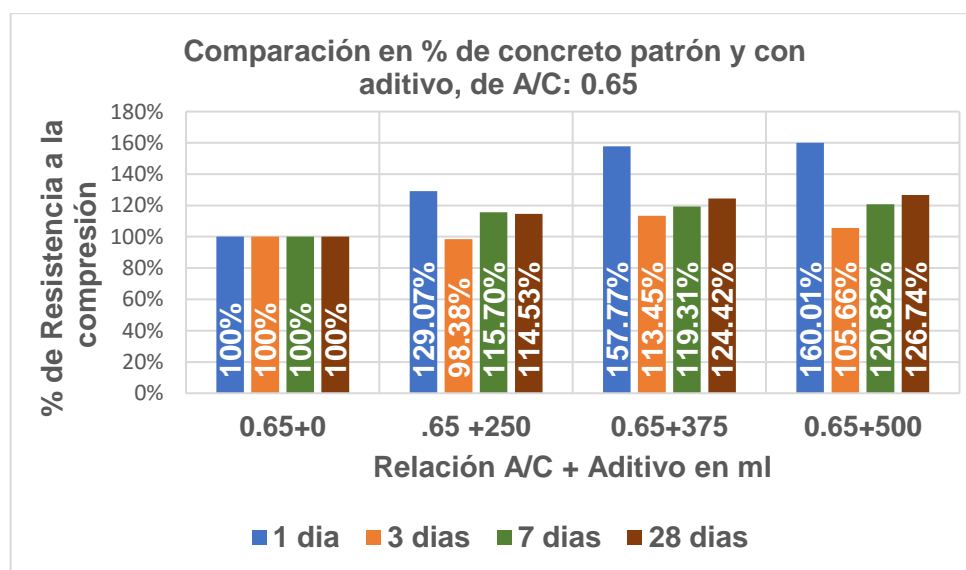


Figura Nº 6. 11 Comparación en % de resistencia a compresión A/C: 0.65

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 6.12 se muestra el desarrollo de la resistencia vs el tiempo del concreto con la dosificación óptima.

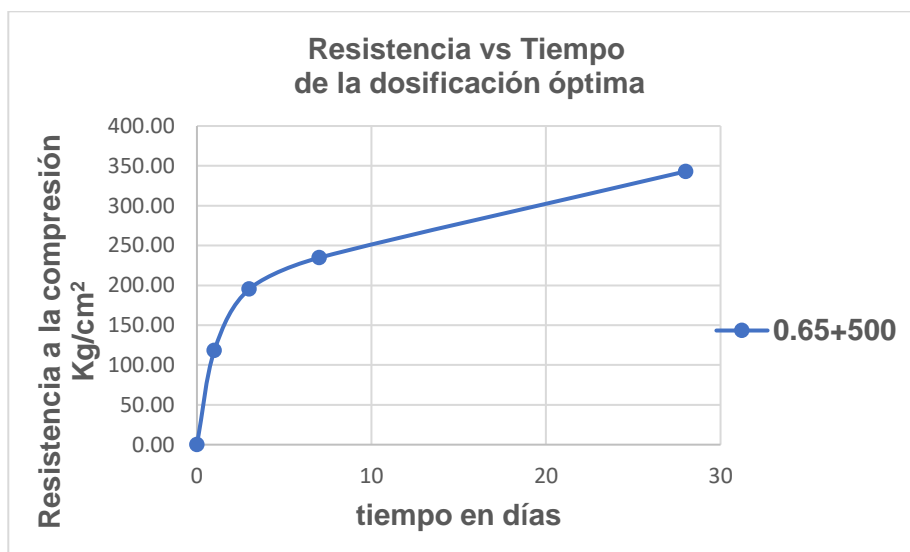


Figura Nº 6. 12 Curva de desarrollo de la dosificación Óptima

Fuente: Elaboración propia

En la relación A/C: 0.70 con sus 3 dosificaciones los resultados se ven la fig. 6.13, y se muestra en la fig. 6.14 que para la edad de 1 día hay una ganancia de 61.79% más que el concreto sin aditivo. En la fig. 6.14 se observa que hay ganancias de resistencia siendo la dosificación óptima de 500 ml.

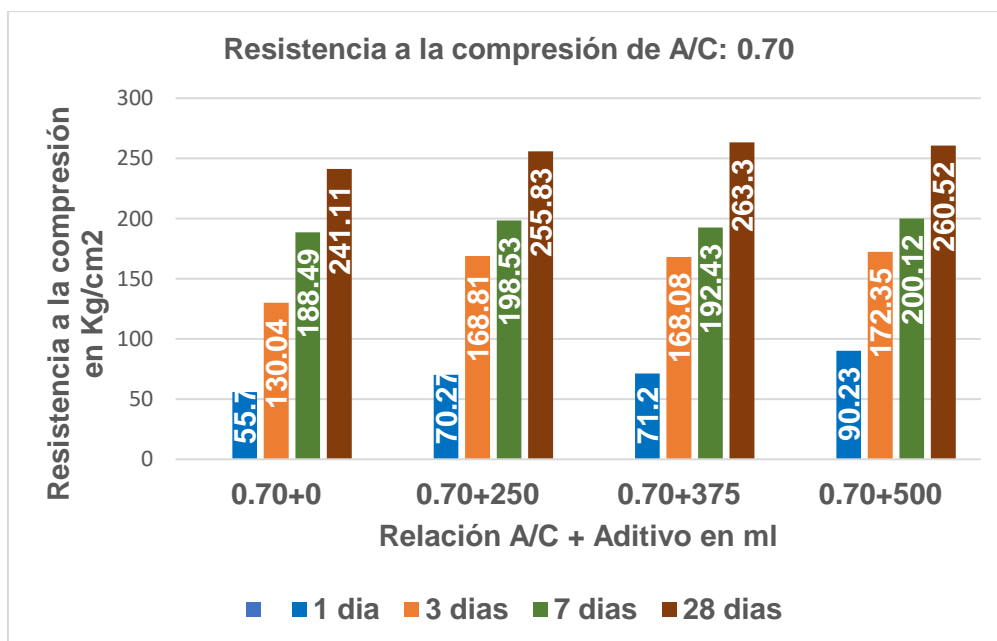


Figura Nº 6. 13 Resultados de la resistencia a compresión A/C: 0.70

Fuente: Elaboración propia

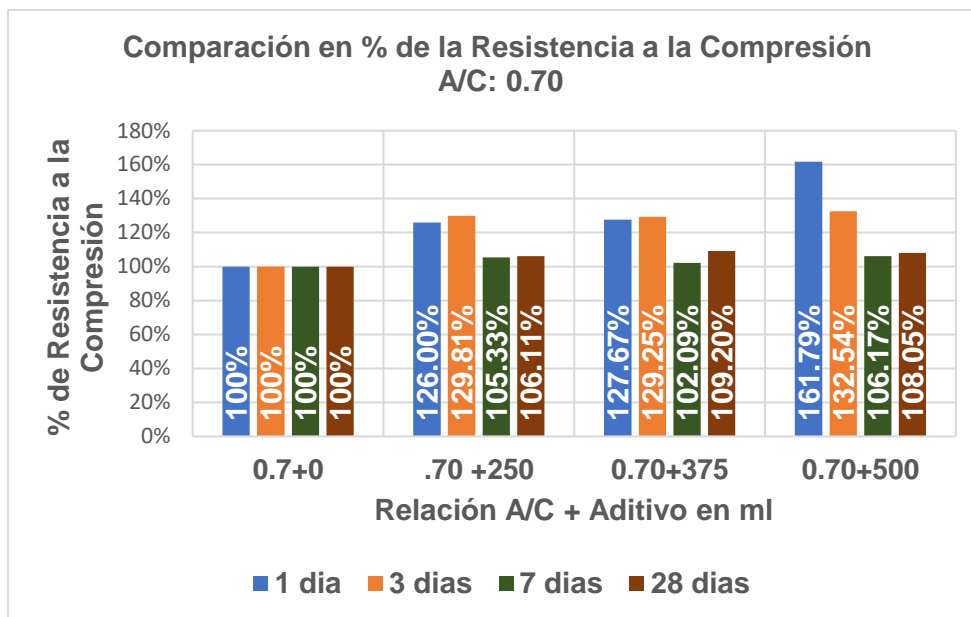


Figura Nº 6. 14 Comparación en % de resistencia a compresión A/C: 0.70

Fuente: Elaboración Propia

En la fig. 6.15 se muestra el desarrollo de la resistencia vs el tiempo del concreto con la dosificación óptima.

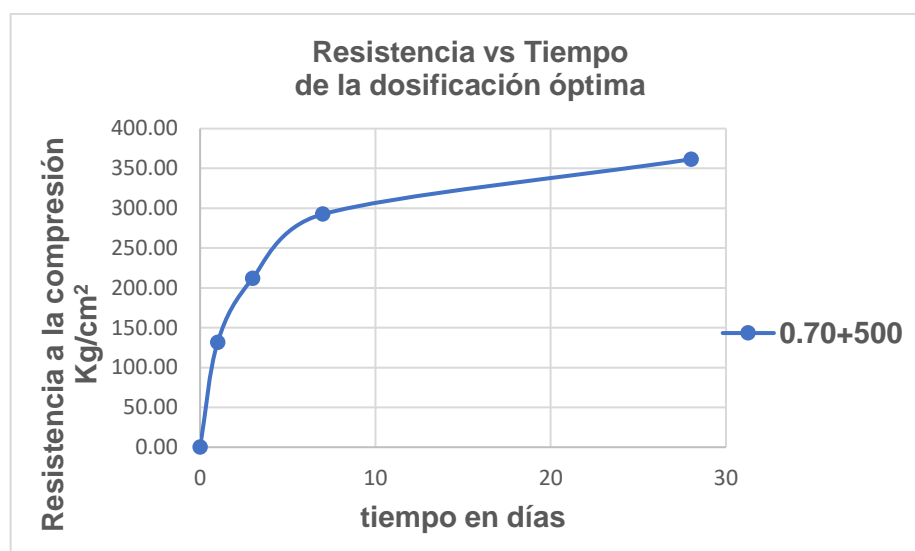


Figura Nº 6. 15 Curva de desarrollo de la dosificación óptima

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

Para la relación A/C: 0.60 y las tres dosificaciones de 250 ml, 375 ml y 500 ml por bolsa de cemento de aditivo acelerante. Los resultados se muestran en la fig. 6.16.

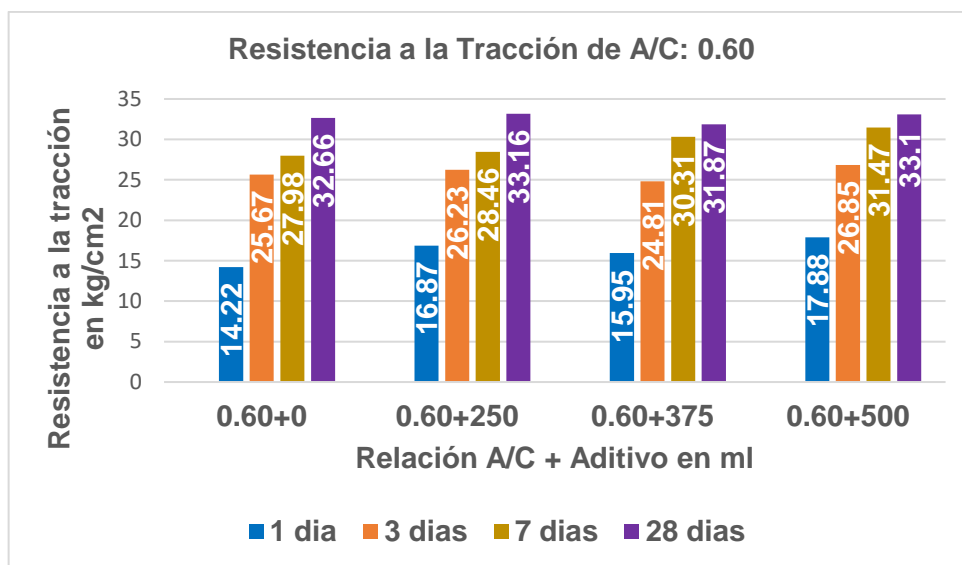


Figura N° 6. 16 Resultados de la resistencia a tracción A/C: 0.60

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 6.17 se muestra la ganancia de resistencia a la tracción en 25.74% más comparado con el concreto sin aditivo del concreto con 500 ml de aditivo acelerante para la edad de 1 día de concreto.

Para las demás edades ver fig. 6.17 que muestran las ganancias de resistencia a la tracción con respecto al concreto sin aditivo donde el concreto con dosificación de 500 ml de aditivo acelerante en la óptima.

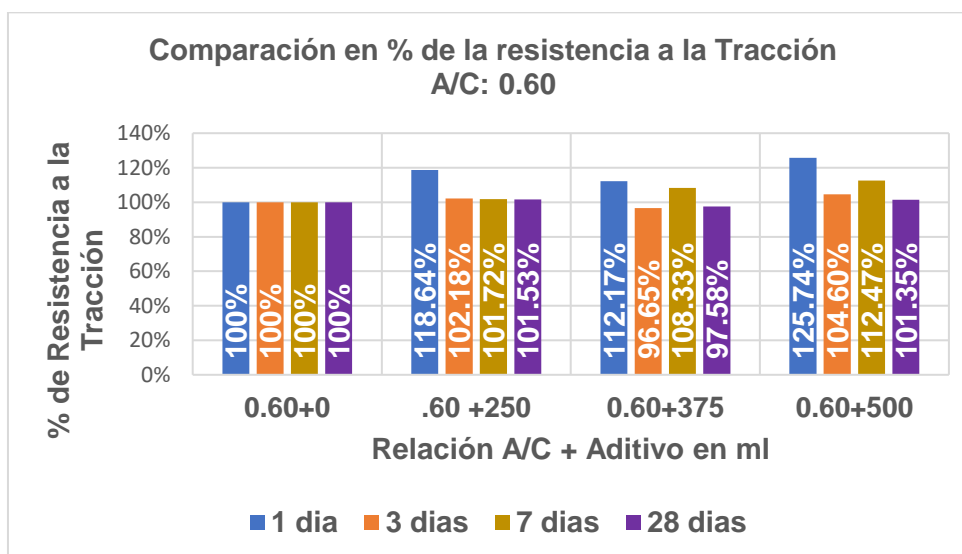


Figura N° 6. 17 Comparación en % de resistencia a tracción A/C: 0.60

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 6.18 se ve la curva de desarrollo de la resistencia a la tracción con la dosificación óptima del concreto.

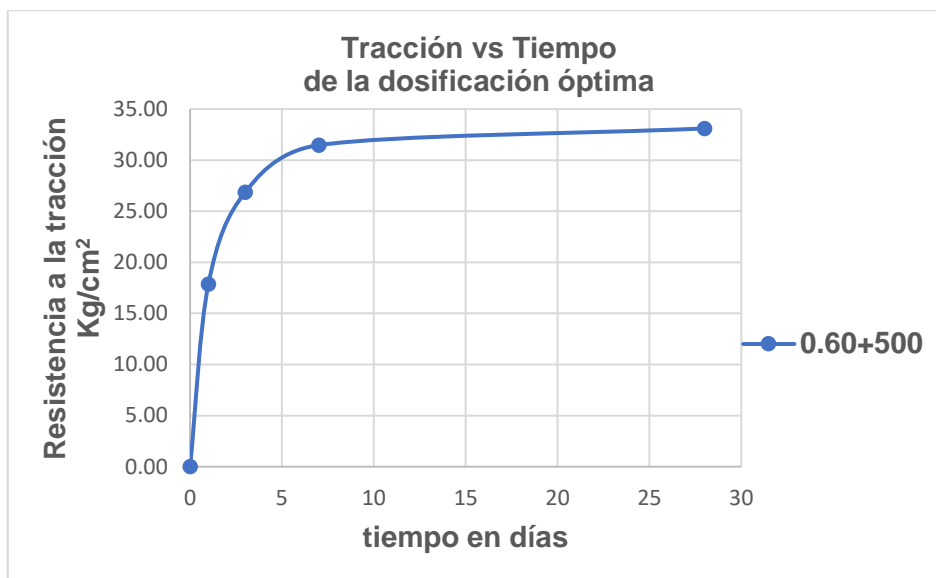


Figura Nº 6. 18 Curva de desarrollo de la dosificación óptima

Fuente: Elaboración propia

Para la relación A/C: 0.65 con sus tres dosificaciones los resultados se muestran en la fig. 6.19 y se muestra en la fig. 6.20, que para la edad de 1 día hay una ganancia de 10.11% de resistencia a la tracción que el concreto sin aditivo del concreto con aditivo acelerante de 500 ml. En la fig. 6.20 se muestra los porcentajes para cada dosificación siendo el concreto con 500 ml de aditivo acelerante que tiene mejor desempeño.

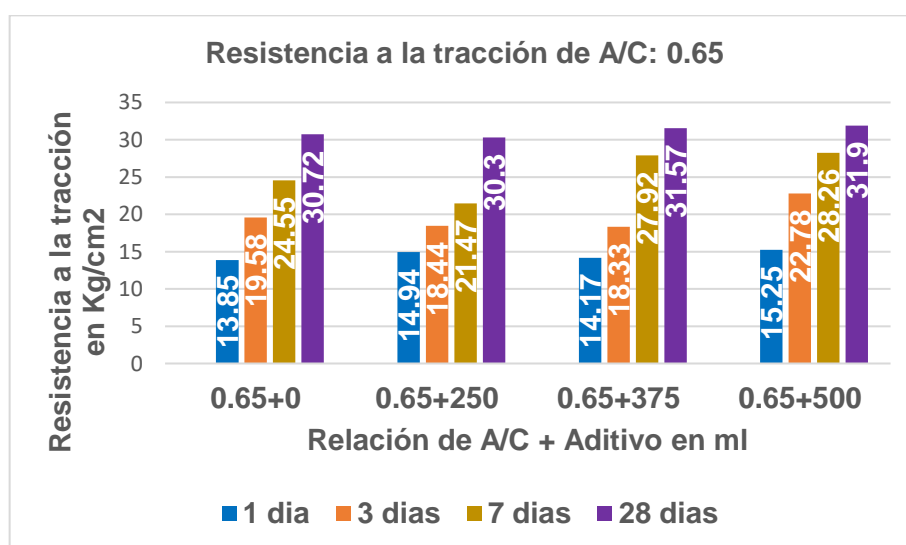


Figura Nº 6. 19 Resultados de la resistencia a tracción A/C: 0.65

Fuente: Elaboración propia

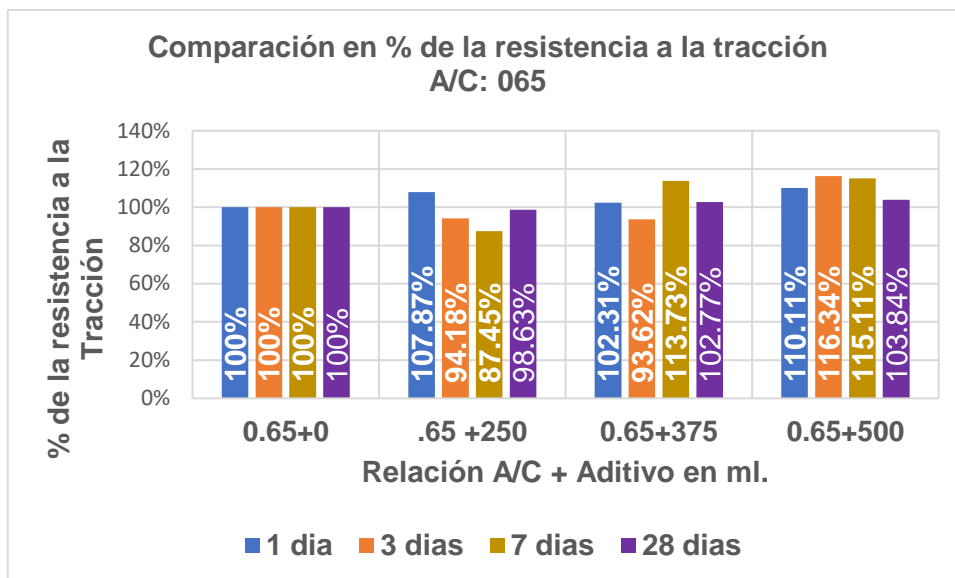


Figura Nº 6. 20 Comparación en % de resistencia a tracción A/C: 0.65

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 6.21 se ve el desarrollo de la curva de resistencia a la tracción vs el tiempo del concreto con la dosificación óptima.

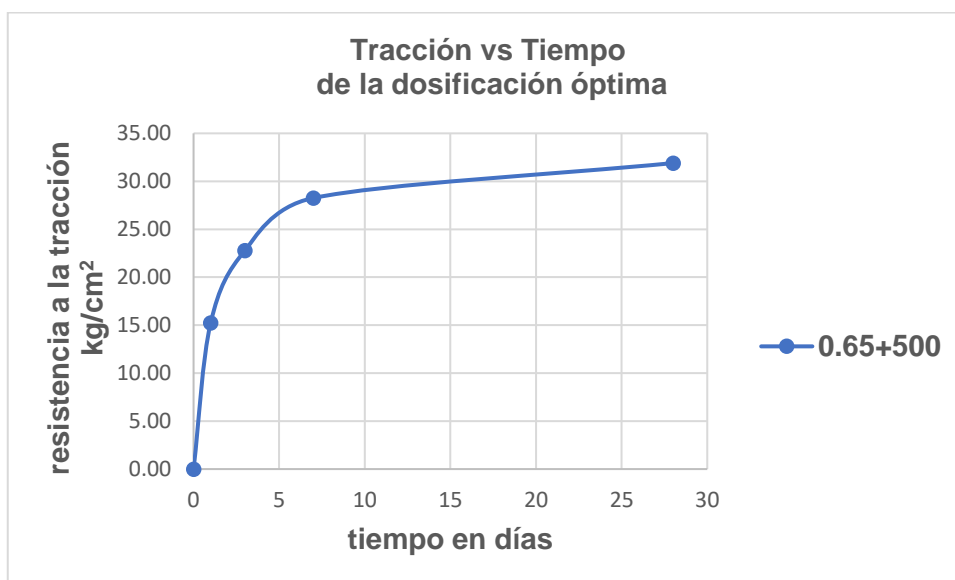


Figura Nº 6. 21 Curva de desarrollo de la dosificación óptima

Fuente: Elaboración propia

Para la relación A/C: 0.70 con sus tres dosificaciones los resultados se muestran en la fig. 6.22 y se muestra en la fig. 6.23 que para la edad de 1 día hay una ganancia de 25.74% con respecto al concreto sin aditivo del concreto con aditivo

de 500 ml. En la fig. 6.23 se ve sus diferencias en porcentajes de las diferentes dosificaciones siendo el concreto con 500 ml de aditivo acelerante el que presenta mejor desempeño.

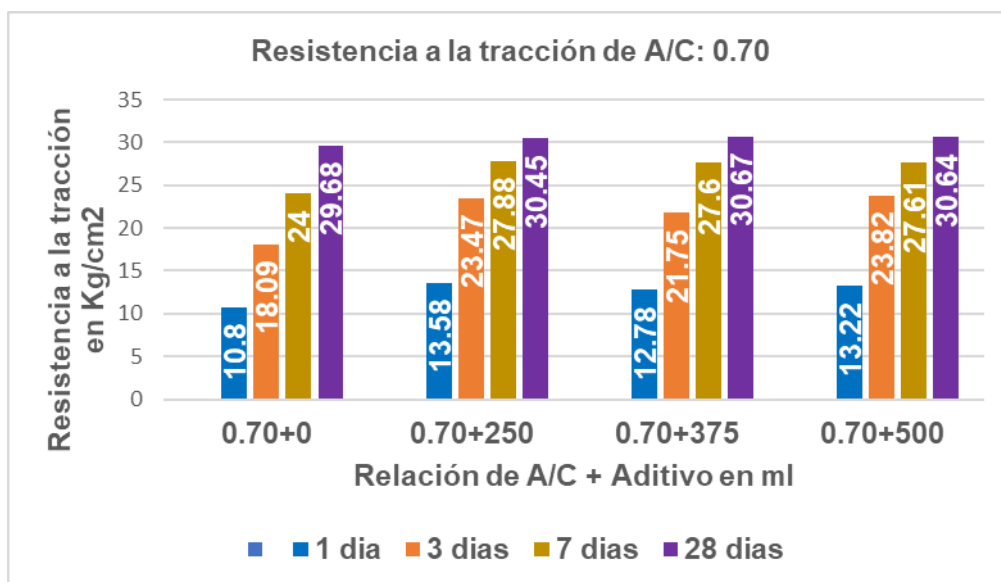


Figura Nº 6. 22 Resultados de la resistencia a tracción A/C: 0.70

Fuente: Elaboración propia

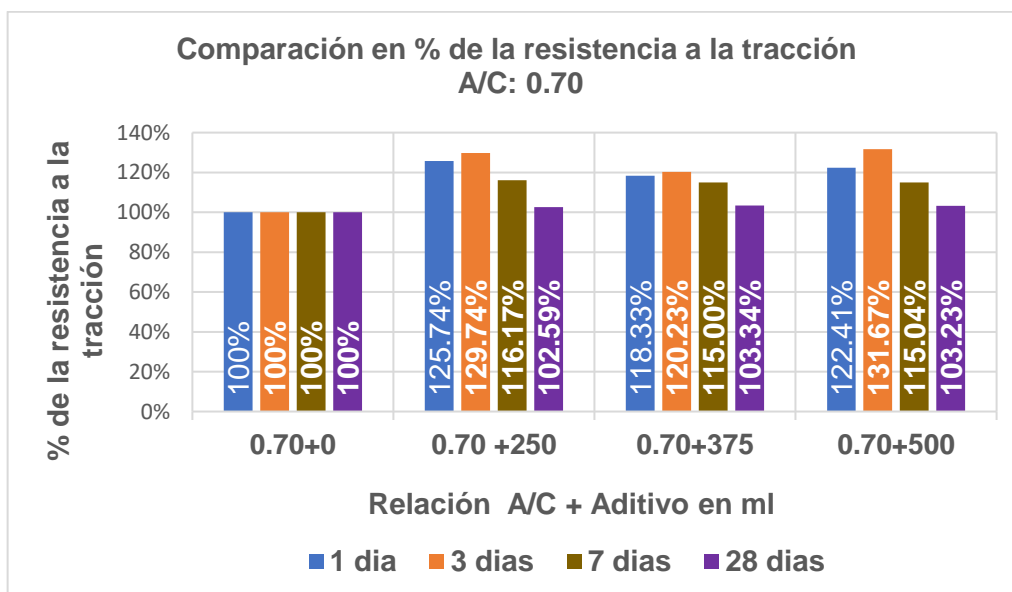


Figura Nº 6. 23 Comparación en % de resistencia a tracción A/C: 0.70

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 6.24 se ve el desarrollo de la resistencia a la tracción del concreto con la dosificación óptima de 500 ml por bolsa de cemento.

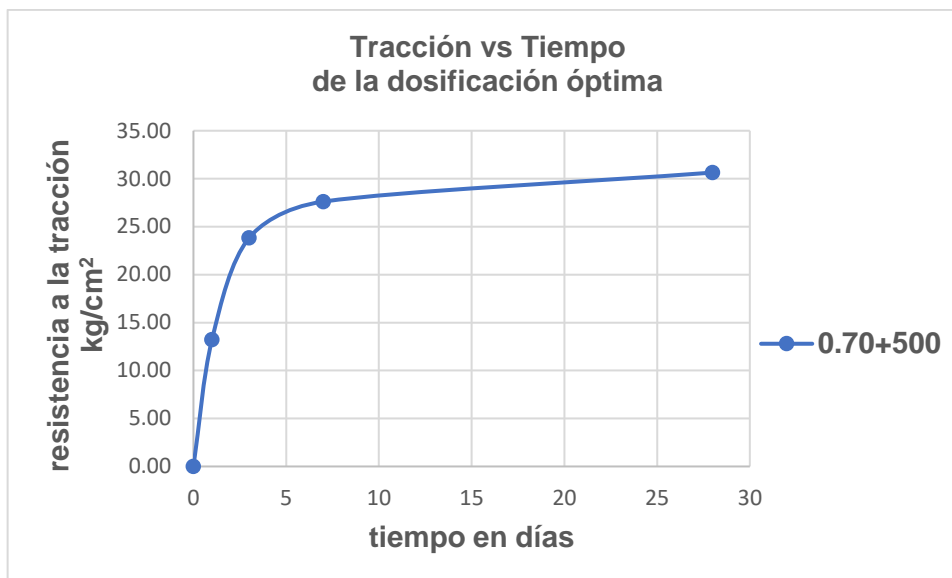


Figura N° 6. 24 Curva de desarrollo de la dosificación óptima

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Módulo elástico

Para la relación A/C: 0.60 y sus tres dosificaciones los resultados se muestran en la fig. 6.25 y se muestra en la fig. 6.26 que para la edad de 28 días hay una ganancia de 8.33% del módulo elástico del concreto con respecto al concreto sin aditivo del concreto con una dosificación de 500 ml de aditivo acelerante. Siendo esta dosificación la óptima.

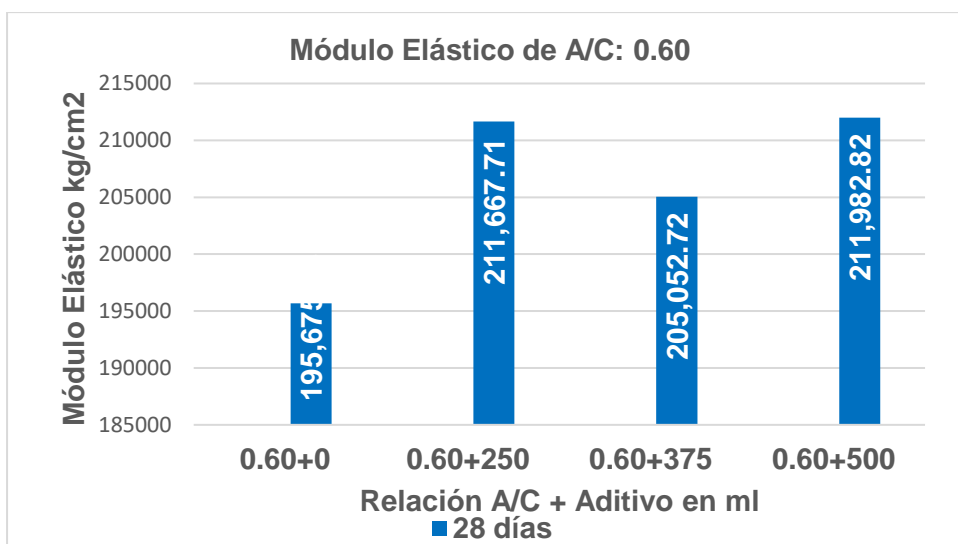


Figura N° 6. 25 Resultados del módulo elástico A/C: 0.60

Fuente: Elaboración propia

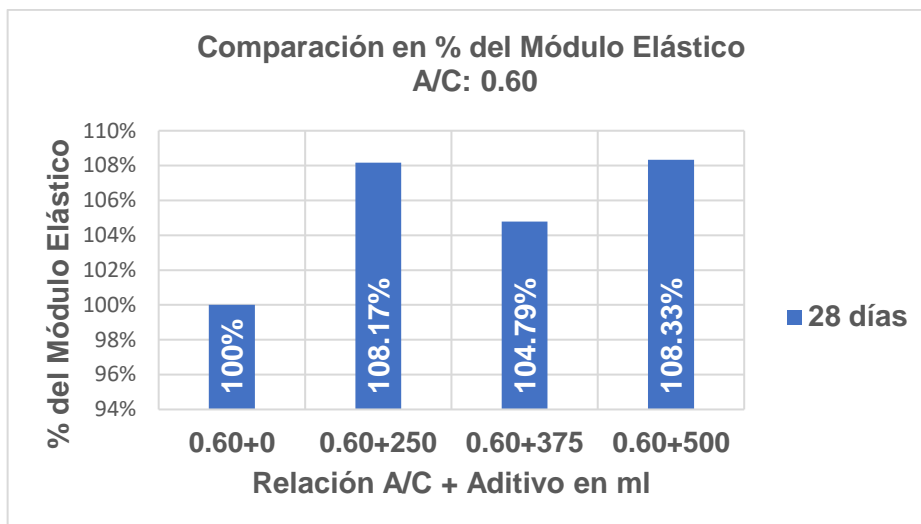


Figura Nº 6. 26 Comparación en % del módulo elástico A/C: 0.60

Fuente: Elaboración propia

Para la relación A/C: 0.65 y sus tres dosificaciones los resultados se muestran en la fig. 6.27 y se muestra en la fig. 6.28 que para la edad de 28 días hay una ganancia de 5.58% con respecto al concreto sin aditivo del concreto con aditivo de 500 ml, siendo esta la dosificación óptima.

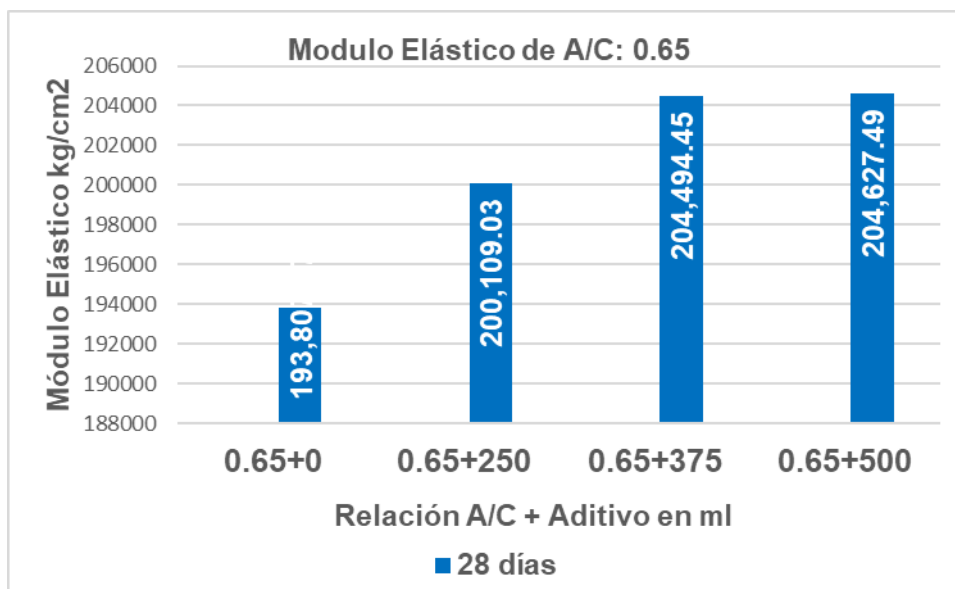


Figura Nº 6. 27 Resultados del módulo elástico A/C: 0.65

Fuente: Elaboración propia

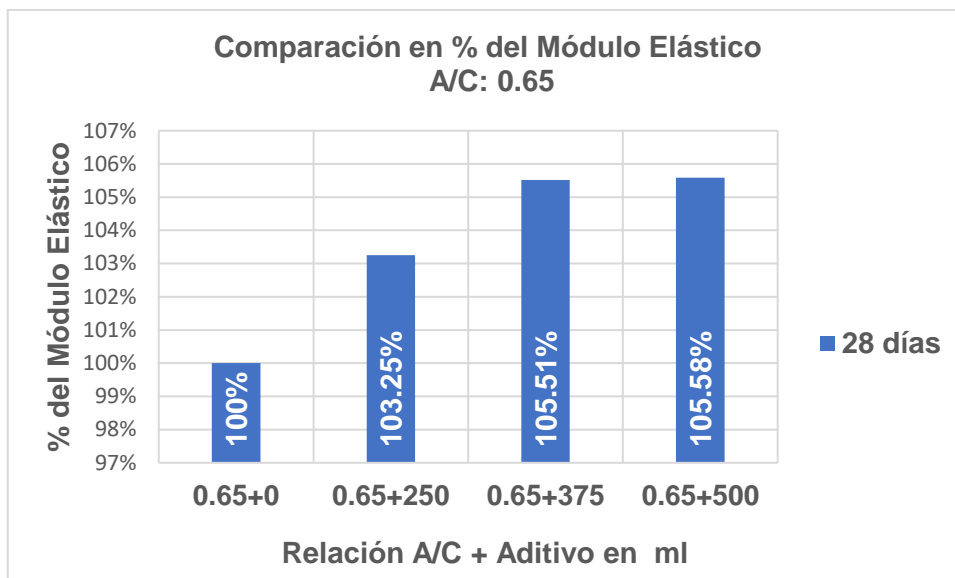


Figura Nº 6. 28 Comparación en % del módulo elástico A/C: 0.65

Fuente: Elaboración propia

Para la relación A/C: 0.70 y sus tres dosificaciones los resultados se muestran en la fig. 6.29 y se muestra en la figura 6.30 que es poco la diferencia con respecto al concreto sin aditivo de apenas 0.93%.

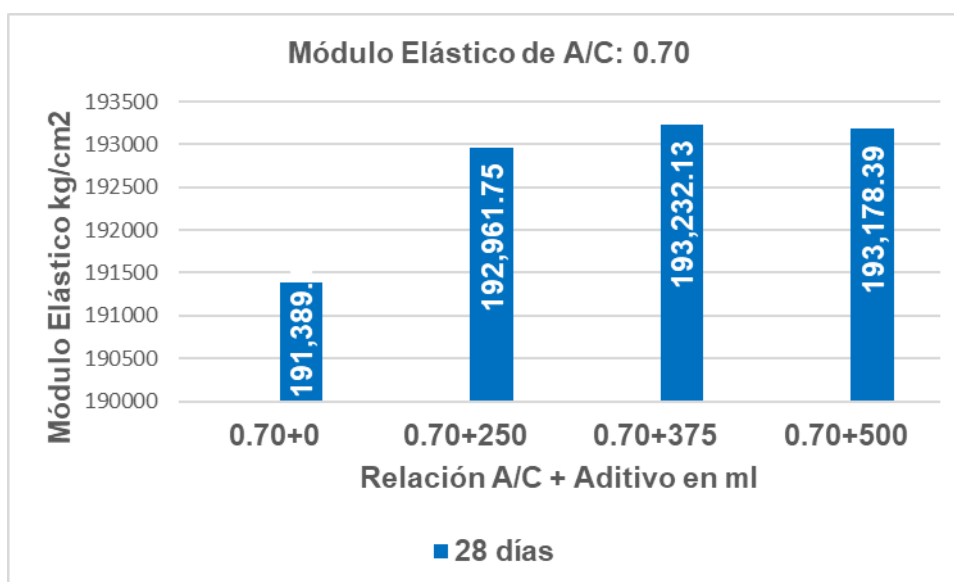


Figura Nº 6. 29 Resultados del módulo elástico A/C: 0.70

Fuente: Elaboración propia

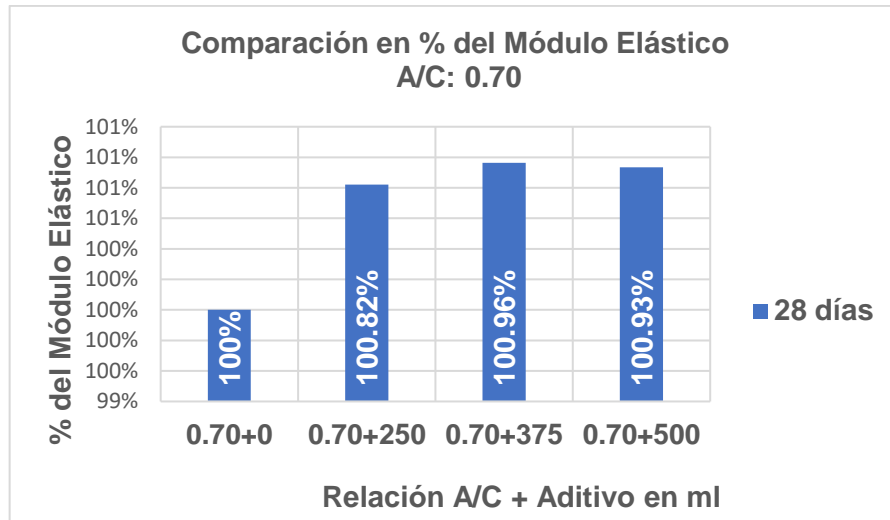


Figura N° 6. 30 Comparación en % del módulo elástico A/C: 0.70

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En esta investigación se realizó el estudio del concreto de tres tipos de relaciones A/C: 0.60, 0.65 y 0.70

1. Para la relación A/C: 0.60, el concreto con aditivo de 250, 375 y 500 ml disminuye en 98.39%, 90.32%, y 84.32% respectivamente, el tiempo de fraguado inicial respecto al concreto sin aditivo 100%.
2. Para la relación A/C: 0.65 el concreto con aditivo de 250, 375 y 500 ml disminuye en 91.06%, 92.05% y 95.70% respectivamente, el tiempo de fraguado inicial respecto al concreto sin aditivo 100%.
3. Para la relación A/C: 0.70, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500 ml disminuye en 86.43%, 96.43% y 86.79% respectivamente, el tiempo de fraguado inicial respecto al concreto sin aditivo 100%.
4. Para la relación A/C: 0.60, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500 ml disminuye en 97.76%, 92.04% y 87.81% respectivamente, el tiempo de fraguado final respecto al concreto sin aditivo 100%.
5. Para la A/C: 0.65, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml disminuye en 89.76%, 85.24% y 90.95% respectivamente, el tiempo de fraguado final respecto al concreto sin aditivo 100%.
6. Para la relación A/C: 0.70, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml disminuye en 84.05%, 86.19% y 80.48% respectivamente, el tiempo de fraguado final respecto al concreto sin aditivo 100%.
7. Para la relación A/C: 0.60, el concreto con aditivo de 250, 375 y 500 ml aumento en 152.39%, 158.90% y 163.17% respectivamente, la resistencia a la compresión a 1 día respecto al concreto sin aditivo 100%. Y también aumento en 125.13%, 121.13% y 126.41% respectivamente, la resistencia a la compresión a los 28 días.

8. Para la relación A/C: 0.65, el concreto con aditivo de 250, 375 y 500ml aumento en 129.07%, 157.77%, y 160.01% respectivamente la resistencia a la compresión a 1 día, respecto al concreto sin aditivo 100%. Y también aumento en 114.53%, 124.42% y 126.74% respectivamente, la resistencia a la compresión a los 28 días.
9. Para la relación A/C: 0.70, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 126.00%, 127.67% y 161.79% respectivamente la resistencia a la compresión a 1 día, respecto al concreto sin aditivo 100%. Y también aumento en 106.11%, 109.20% y 10.05% respectivamente, la resistencia a la compresión a los 28 días.
10. Para la relación A/C: 0.60, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 118.64%, 112.17% y 125.74% respectivamente la resistencia a la tracción a 1 día, respecto al concreto sin aditivo 100%. Y también resultado en 101.53%, 97.58% y 101.35% respectivamente la resistencia a la tracción a los 28 días.
11. Para la relación A/C: 0.65, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 107.87%, 102.31% y 110.11% respectivamente la resistencia a la tracción a 1 día, respecto al concreto sin aditivo 100%. Y también resultado en 98.63%, 102.77% y 103.84% respectivamente la resistencia a la tracción a los 28 días.
12. Para la relación A/C: 0.70, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 125.74%, 118.33% y 122.41% respectivamente la resistencia a la tracción a 1 día, respecto al concreto sin aditivo 100%. Y también resultado en 102.59%, 103.34% y 103.23% respectivamente la resistencia a la tracción a los 28 días.
13. Para la relación A/C: 0.60, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 108.17%, 104.79% y 108.33% respectivamente el módulo elástico a los 28 días respecto al concreto sin aditivo 100%.

14. Para la relación A/C: 0.65, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 103.25%, 105.47% y 105.58% respectivamente el módulo elástico a los 28 días respecto al concreto sin aditivo 100%.
15. Para la relación A/C: 0.70, el concreto con aditivo de 250, 375, y 500ml aumento en 100.82%, 100.96% y 100.93% respectivamente el módulo elástico a los 28 días respecto al concreto sin aditivo 100%.
16. Se concluye que el aditivo acelerante “chema estruct” es efectivo para incrementar las resistencias a 1 día y 28 días, en el concreto con cemento portland tipo I andino.
17. Se concluye que el aditivo acelerante “chema estruct” es efectivo para disminuir el tiempo de fraguado inicial y final en el concreto con cemento portland tipo I andino.
18. En el estudio realizado con cemento sol y aditivo acelerante “chema estruct”, en la tesis UNI-FIC 2001, “Efectos del aditivo acelerante de fraguado sobre las propiedades del concreto preparado con cemento portland tipo I”, se concluyó que para las relaciones de A/C: 0.40, 0.45 y 0.50 el tiempo de fraguado inicial y final aumento en promedio 118%, y para la resistencia a la compresión disminuyó en promedio 8%. Por lo que se concluyó que el aditivo acelerante se comportó como un retardador no siendo recomendable su uso.
19. En el estudio realizado con cemento andino tipo II y aditivo acelerante “chema estruct”, en la tesis UNI-FIC 1997, “Determinación de las propiedades del concreto por la adición de aditivo acelerante de fragua utilizando cemento tipo II”, en la relación A/C: 0.40, 0.50 y 0.60 la resistencia a la compresión aumento en 21%, 27% y 41% a un día respectivamente y para 28 días en 1.50%, 1.20% y 1.80%. para la dosificación optima. En cuanto al tiempo de fraguado, para la relación A/C: 0.40, 0.50 y 0.60 el tiempo de fraguado inicial disminuyó en 10%, 8% y 5% respectivamente y para el tiempo de fraguado final disminuyó en 11%, 14% y 12% respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda una dosificación de 500 ml de aditivo acelerante “Chema Estruct” por bolsa de cemento en el concreto con cemento portland tipo I “Andino” en A/C: 0.60, 0.65 y 0.70, para obtener mayor desarrollo de velocidad de resistencias tempranas que un concreto sin aditivo. Y obtener un desencofrado en menor tiempo en la industria de la construcción.
2. Se recomienda una dosificación de 500 ml de aditivo acelerante “Chema Estruct” por bolsa de cemento en el concreto con cemento portland tipo I “andino” en A/C: 0.60, 0.65 y 0.70, para disminuir los tiempos de fraguado inicial y final.
3. Se recomienda realizar estudios del concreto con el aditivo acelerante con otras relaciones de agua cemento diferentes al estudiado en esta investigación, debido a que el aditivo tiene diferentes comportamientos con otra relación de agua cemento, tal como sucedió con la investigación de la relación A/C: 0.40, 0.45 y 0.50 con el cemento sol donde el aditivo acelerante no incremento la resistencia, sino que disminuyo, teniendo un comportamiento de un aditivo retardante, por lo que se recomienda su estudio, de tal manera de tener un aditivo acelerante para solucionar tiempos de encofrado en las obras de construcción. Y aprovechar el avance de la tecnología actual donde se puede tener la resistencia en tiempo real y eliminar tiempos muertos para ser más eficiente en la industria de la construcción.
4. Debido a que el aditivo acelerante estudiado, incrementa la resistencia a edad temprana, se recomienda realizar el estudio del concreto con cemento adicionado, ya que fragua y endurece lentamente, de tal modo de disminuir su tiempo de fraguado y aumentar su velocidad de desarrollo de la resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (M/N)

- Cachay Huamán, R. (1995). *"Diseño de mezclas, Método del Agregado Global y Módulo de Finura para concretos de mediana a baja resistencia"*. Lima: FIC - UNI.
- Ly Mendoza, M. (1999). *"Propiedades del concreto al estado fresco y endurecido con aplicación de aditivo acelerante utilizando cemento portland tipo V"*. Lima: FIC - UNI.
- Meagher, T. F. (2015). *"Effect of Dosage of Non-Chloride Accelerator versus Chloride Accelerator on the Cracking Potential of Concrete Repair Slabs"*. Florida - USA: University of South Florida.
- Medina Vásquez, U. (2001). *"Efectos del aditivo acelerante del fraguado sobre las propiedades del concreto preparado con cemento portland tipo I"*. Lima: FIC - UNI.
- Neville M., A. (2013). *"Tecnología de Concreto"*. IMCYC.
- Pasquel C., E. (1999). *"Tópicos de Tecnología del Concreto"*. Lima.
- Perales Pacherras, W. (1997). *"Determinación de las propiedades de concreto por la adición de aditivo acelerante de fragua utilizando cemento tipo II"*. Lima: FIC - UNI.
- Pizón Jan, P. M.-P. (2016). *"Influence of Hardening Accelerating Admixtures on Properties of Cement with Ground Granulated Blast Furnace Slag"*. Silesian University of Technology, Gliwice PORTLAND.
- Rivva López, E. (2000). *"Naturaleza y materiales del concreto"*. Lima: ACI - PERÚ, Edición 1ra.
- Selvaganesh D. R. Prabhakaran, M. M. (2018). *"Comparative Study of Accelerating Admixture on Properties of Concrete"*. INDIA: Tamil Nadu.
- SIKA. (2008). *"El Concreto de hoy"*. Colombia.
- Torre Carrillo, A. V. (2004). *"Curso Básico de Tecnología del concreto para ingenieros civiles"*. Lima: FIC - UNI.

Torres Alayo, J. C. (2004). *"Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades del concreto"*. Lima: FIC - UNI.

Zumaeta Carranza, M. A. (2016). *"Determinación del tiempo óptimo de desencofrado en vigas y losas"*. Lima: FIC - UNI.

ANEXOS

A.- AGREGADOS

A1.-AGREGADO FINO

CANTERA TRAPICHE

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra más recipiente	Kg.	6.5146	6.6210	6.5809
Peso del recipiente	Kg.	1.5740	1.5740	1.5740
Peso de la muestra	Kg.	4.9406	5.0470	5.0069
Volumen del recipiente	m ³	0.00286	0.00286	0.00286
PUS	kg/m ³	1727.48	1764.69	1750.66
PUS	kg/m³	1747.61		

PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra más recipiente	Kg.	6.8620	6.7929	6.8940
Peso del recipiente	Kg.	1.5740	1.5740	1.5740
Peso de la muestra	Kg.	5.2880	5.2189	5.3200
Volumen del recipiente	m ³	0.00286	0.00286	0.00286
PUC	Kg/m ³	1848.95	1824.79	1860.14
PUC	Kg/m³	1844.63		

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra al ambiente	gr.	1000.00	1000.00	1000.00
Peso de la muestra seca al horno	gr.	979.20	979.60	978.30
Peso del agua perdida	gr.	20.80	20.40	21.70
Contenido de humedad		2.12	2.08	2.22
CH %		2.14		

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la arena sss.	gr.	500.00	500.00	500.00
Peso de la muestra secada al horno	gr.	491.20	490.40	489.90
Porcentaje de absorción		1.7915	1.9576	2.0616
% de Absorción		1.94		

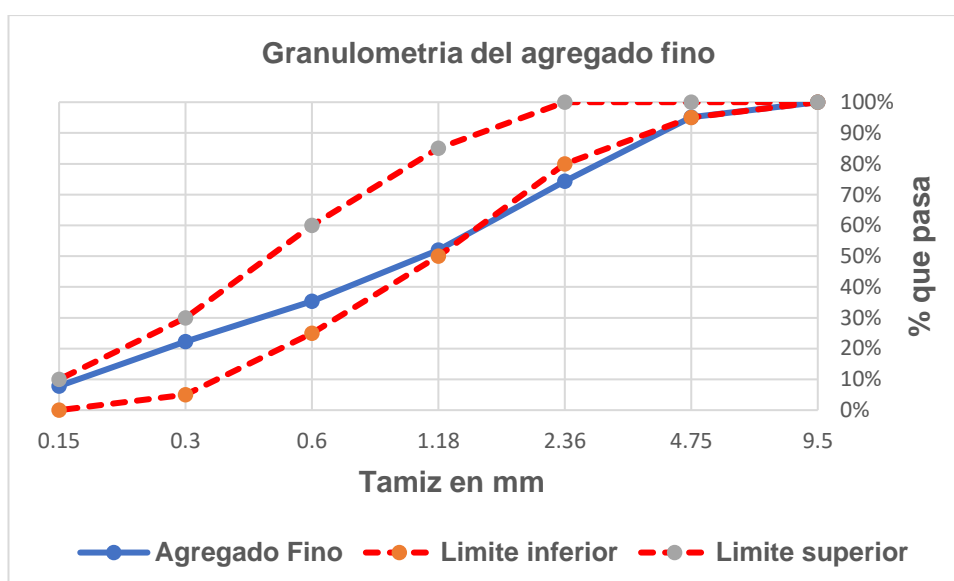
PESO ESPECIFICO

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la arena superficialmente seca	gr.	500.00	500.00	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	gr.	1014.50	1014.90	1014.70
Peso del balón	gr.	205.00	205.00	205.00
Peso del agua	gr.	309.50	309.90	309.70
Peso de la muestra seca al horno	gr.	491.20	490.40	489.90
Volumen del balón	cm ³	500.00	500.00	500.00
Peso específico de masa	gr/cm ³	2.58	2.58	2.57
Peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm ³	2.62	2.63	2.63
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.70	2.72	2.72
Peso específico de masa	gr/cm³	2.578		
Peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³	2.627		
Peso específico aparente	gr/cm³	2.713		

GRANULOMETRIA

Tamiz	Peso retenido muestra 1 (gr)	Peso retenido muestra 2 (gr)	Peso retenido muestra 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100%
N ° 4	21.30	25.50	26.40	73.20	4.88%	4.88%	95.12%
N ° 8	106.60	109.80	94.70	311.10	20.74%	25.62%	74.38%
N ° 16	122.10	111.80	102.10	336.00	22.40%	48.02%	51.98%
N ° 30	84.80	80.50	84.50	249.80	16.65%	64.67%	35.33%
N ° 50	63.10	64.20	68.00	195.30	13.02%	77.69%	22.31%
N ° 100	67.80	70.50	79.00	217.30	14.49%	92.18%	7.82%
Fondo	34.30	37.70	45.30	117.30	7.82%	100.00%	0.00%
Total	500.00	500.00	500.00	1500.00			
módulo de finura						3.13	

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO



A2.-AGREGADO GRUESO

CANTERA UNICON

PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra más recipiente	Kg.	17.4600	17.3900	17.4780
Peso del recipiente	Kg.	4.3418	4.3418	4.3418
Peso de la muestra	Kg.	13.1182	13.0482	13.1362
Volumen del recipiente	m ³	0.00952	0.00952	0.00952
PUS	Kg/m ³	1377.96	1370.61	1379.85
PUS	Kg/m³	1376.14		

PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra más recipiente	Kg.	18.6200	18.6500	18.4200
Peso del recipiente	Kg.	4.3418	4.3418	4.3418
Peso de la muestra	Kg.	14.2782	14.3082	14.0782
Volumen del recipiente	m ³	0.00952	0.00952	0.00952
PUC	Kg/m ³	1499.8109	1502.9622	1478.8025
PUC	Kg/m³	1493.8585		

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra al ambiente	gr.	2000.00	2000.00	2000.00
Peso de la muestra seca al horno	gr.	1990.10	1990.60	1989.70
Peso del agua perdida	gr.	9.90	9.40	10.30
Contenido de humedad		0.50	0.47	0.52
CH %		0.50		

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra sss	gr.	4000.00	4000.00	4000.00
Peso de la muestra seca al horno	gr.	3973.30	3968.90	3970.90
Porcentaje de absorción		0.6720	0.7836	0.7328
% de absorción		0.73		

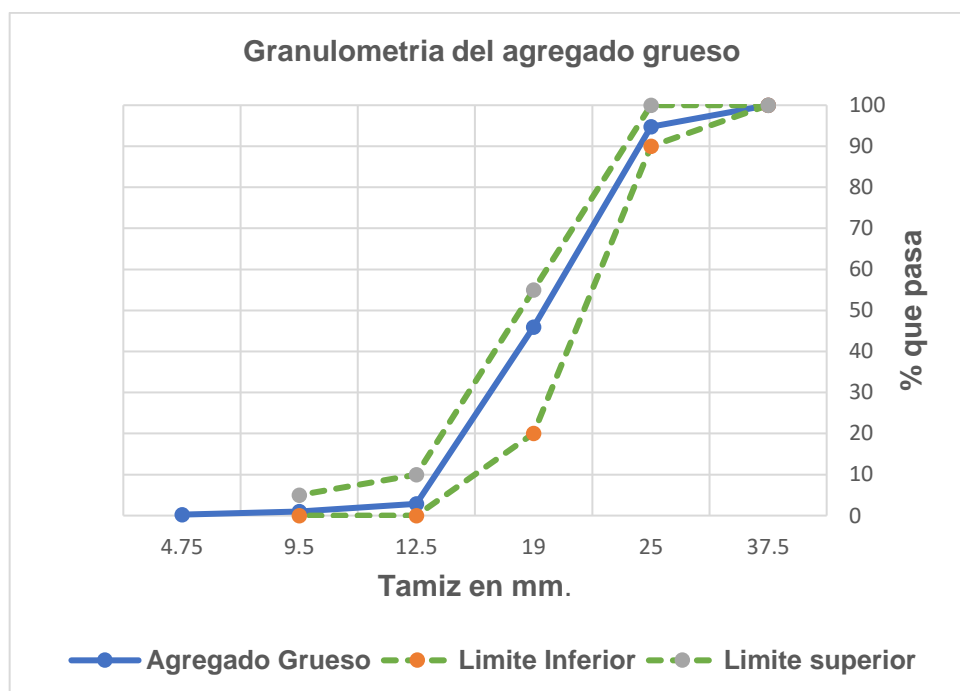
PESO ESPECIFICO

DESCRIPCIÓN	UNID.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de la muestra secada al horno	gr.	3973.00	3968.00	3970.90
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	4000.00	4000.00	4000.00
Peso de la muestra saturada en agua + peso de la canastilla	gr.	3405.50	3400.80	3408.90
Peso de la Canastilla	gr.	877.90	877.90	877.90
Peso de la muestra saturada en agua	gr.	2527.60	2522.90	2531.00
Peso específico de masa	gr/cm ³	2.70	2.69	2.70
Peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm ³	2.72	2.71	2.72
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.75	2.75	2.76
Peso específico de masa	gr/cm³	2.70		
Peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³	2.72		
Peso específico aparente	gr/cm³	2.75		

GRANULOMETRIA

Tamiz	Peso retenido muestra 1 (gr)	Peso retenido muestra 2 (gr)	Peso retenido muestra 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0	0	0	100%
1"	614.40	438.50	510.60	1563.50	5.21%	5.21%	94.79%
3/4"	5083.80	4548.90	5019.80	14652.50	48.84%	54.05%	45.95%
1/2"	4038.20	4705.20	4187.60	12931.00	43.10%	97.16%	2.84%
3/8"	173.50	193.40	181.30	548.20	1.83%	98.98%	1.02%
N ° 4	70.20	86.10	78.50	234.80	0.78%	99.77%	0.23%
Fondo	19.90	27.90	22.20	70.00	0.23%	100.00%	0.00%
Total	10000.00	10000.00	10000.00	30000.00			
módulo de finura							7.53

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO

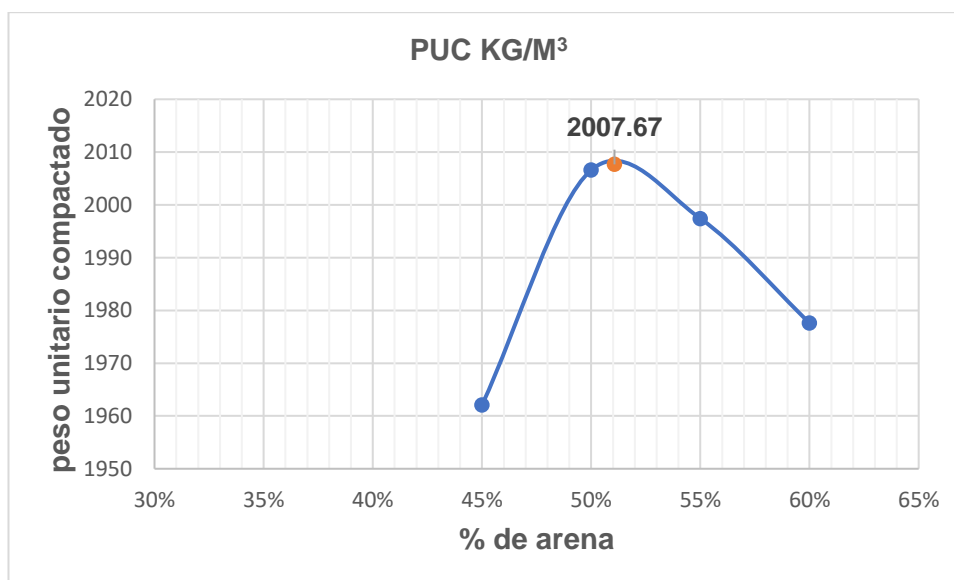


A3.- AGREGADO GLOBAL ENSAYO DE MAXIMA COMPACIDAD

Arena %	Piedra %	Arena kg	Piedra kg	muestra 1 kg	muestra 2 kg	muestra 3 kg	promedio kg
45	55	22.50	27.50	34.28	34.34	33.67	34.10
50	50	25.00	25.00	35.04	34.94	34.22	34.73
55	45	27.50	22.50	35.02	34.59	34.17	34.59
60	40	30.00	20.00	34.60	33.94	34.41	34.32

Descripción	Unid	Arena 45%	Arena 50%	Arena 55%	Arena 60 %
peso de la muestra + recipiente	KG	34.10	34.73	34.60	34.32
peso del recipiente	KG	6.32	6.32	6.32	6.32
peso de la muestra	KG	27.78	28.41	28.28	28.00
volumen del recipiente	M3	0.0141584	0.0141584	0.0141584	0.0141584
PUC	KG/M³	1962.086	2006.583	1997.401	1977.625

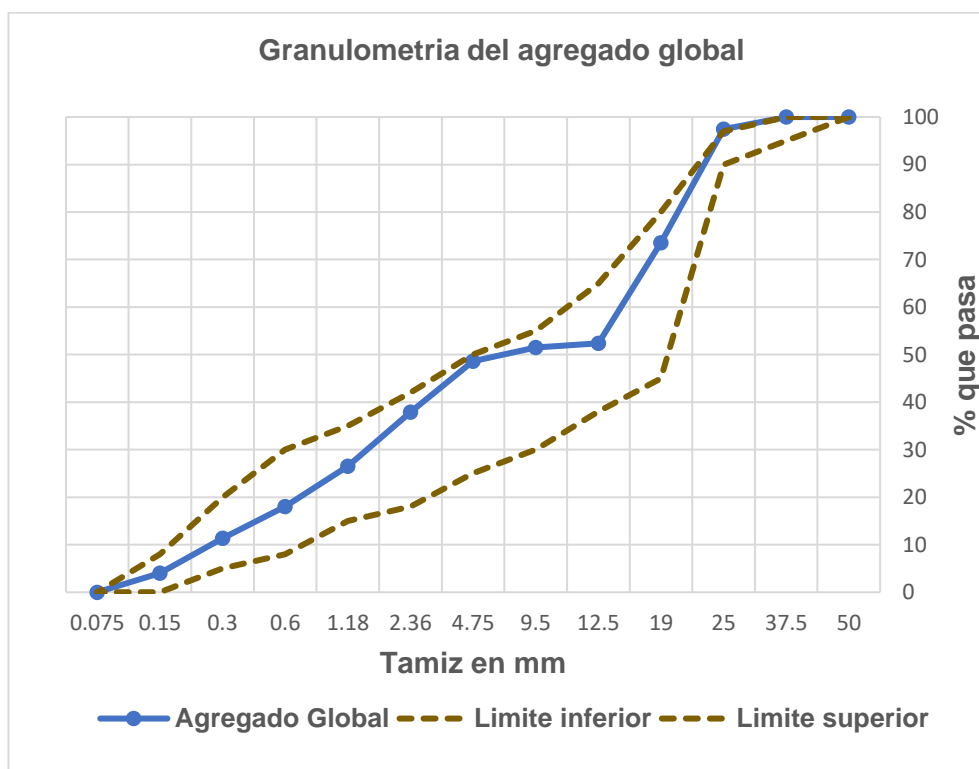
GRAFICO DEL PESO UNITARIO COMPACTADO VS % DE ARENA



GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL

Tamiz	Agregado grueso % retenido	Agregado fino % retenido	Agregado global 51%AF+49%AG	% Retenido acumulado	% Que pasa
1 1/2"	0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
1"	5.21%		2.55%	2.55%	97.45%
3/4"	48.84%		23.93%	26.48%	73.52%
1/2"	43.10%		21.12%	47.60%	52.40%
3/8"	1.83%	0.00%	0.90%	48.50%	51.50%
N.º 4	0.78%	4.88%	2.87%	51.37%	48.63%
N.º 8	0.24%	20.74%	10.70%	62.07%	37.93%
N.º 16		22.40%	11.42%	73.49%	26.51%
N.º 30		16.65%	8.49%	81.98%	18.02%
N.º 50		13.02%	6.64%	88.62%	11.38%
N.º 100		14.49%	7.39%	96.01%	3.99%
Fondo		7.82%	3.99%	100.00%	0.00%
Total	100.00%	100.00%	100.00%		
módulo de finura				5.31	

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GLOBAL



B.- DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN

B1.- DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN A/C:0.60

MATERIALES

Materiales	P. específico kg/m ³	C.H %	% Absorción
Arena	2577.00	2.14	1.94
Piedra	2696.00	0.50	0.73

Material	Proporción
Arena	51%
Piedra	49%

MEZCLAS DE PRUEBA CON DIFERENTES CANTIDADES DE AGUA A/C:0.60

1.- Agua: 193 lts/m³

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	321.67	kg/m ³	6.55
Agua	193.19	L/m ³	3.94
Arena	946.57	kg/m ³	19.28
Piedra	894.85	kg/m ³	18.23

Resultado Slump = 11/2 “

2.-Agua: 205 lts/m³

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	341.67	kg/m ³	7.01
Agua	205.19	L/m ³	4.21
Arena	921.39	kg/m ³	18.91
Piedra	871.04	kg/m ³	17.87

Resultado Slump = 21/2 “

3.- Agua:215 lts/m³

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	358.33	kg/m ³	7.40
Agua	215.18	L/m ³	4.44
Arena	900.41	kg/m ³	18.59
Piedra	851.21	kg/m ³	17.57

Resultado Slump = 3 “

4.- Agua: 225 lts/m³

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	375	kg/m ³	7.79
Agua	225.18	L/m ³	4.68
Arena	879.43	kg/m ³	18.27
Piedra	831.38	kg/m ³	17.27

Resultado Slump = 4 “

Agua de diseño 225 lts/m³

MEZCLAS DE PRUEBA CON DIFERENTES PROPORCIONES A/C:0.60

1.- ARENA 48 %

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	375	kg/m ³	7.78
Agua	225.4	L/m ³	4.68
Arena	828.82	kg/m ³	17.20
Piedra	883.47	kg/m ³	18.34

2.- ARENA 51%

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	375	kg/m ³	7.79
Agua	225.18	L/m ³	4.68
Arena	879.43	kg/m ³	18.27
Piedra	831.38	kg/m ³	17.27

3.-ARENA 54%

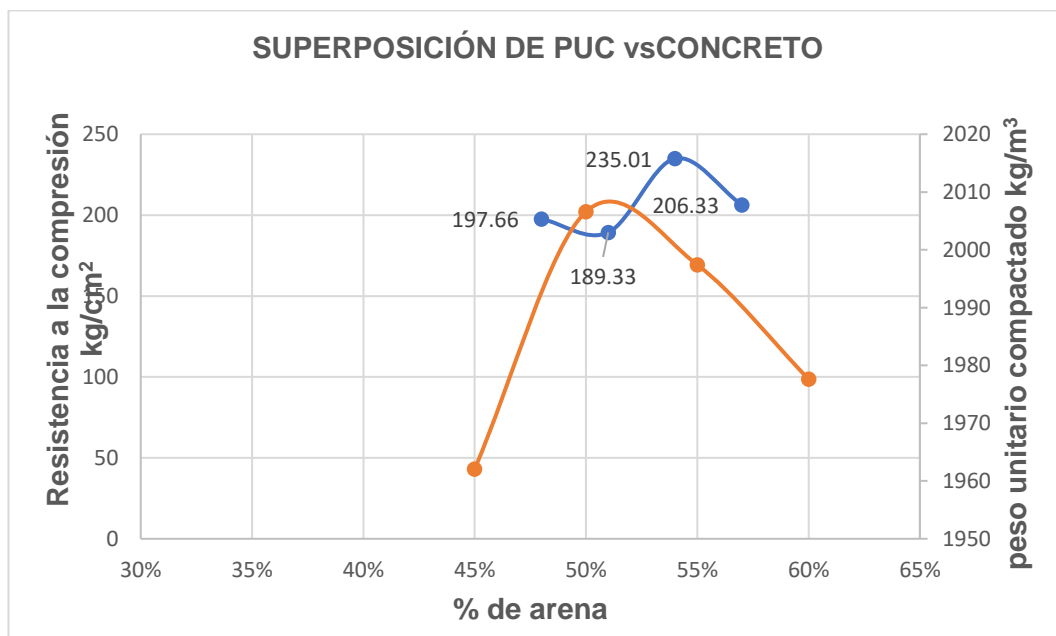
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	375	kg/m ³	7.79
Agua	224.96	L/m ³	4.68
Arena	929.90	kg/m ³	19.33
Piedra	779.42	kg/m ³	16.20

4.-ARENA 57%

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	375	kg/m ³	7.80
Agua	224.75	L/m ³	4.67
Arena	980.24	kg/m ³	20.39
Piedra	727.61	kg/m ³	15.13

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS

ARENA	PIEDRA	M-1	M-2	M-3	f'c kg/cm ²
48%	52%	192.00	202.00	199.00	197.67
51%	49%	186.00	194.00	188.00	189.33
54%	46%	229.00	231.00	245.00	235.00
57%	43%	204.00	212.00	203.00	206.33



DISEÑO DEL CONCRETO PATRON

La Proporción óptima de los agregados obtenida del grafico de la superposición de las curvas PUC y de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.

Arena: 54.94 %

Piedra: 45.06 %

Agua de diseño: 225 lts/m³

Cemento: 375 Kg/m³

Slump: 4"

Contenido de aire: 1.5%

A/C: 0.60

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	375	kg/m ³	10.56
Agua	224.89	L/m ³	6.33
Arena	945.69	kg/m ³	26.62
Piedra	763.17	kg/m ³	21.49

De igual manera se procedió para las A/C: 0.65 y 0.70

B2.- DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN A/C: 0.65

La Proporción óptima de los agregados, obtenida del grafico de la superposición de las curvas PUC y de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.

Arena: 54.93 %

Piedra: 45.07 %

Agua de diseño: 220 lts/m³

Cemento: 338.46 Kg/m³

Slump: 4"

Contenido de aire: 1.5%

A/C:0.65

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	338.46	kg/m ³	9.52
Agua	219.89	L/m ³	6.18
Arena	970.01	kg/m ³	27.28
Piedra	783.11	kg/m ³	22.02

B3.- DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN A/C: 0.70

La Proporción óptima de los agregados obtenida del gráfico de la superposición de las curvas PUC y de la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.

Arena: 55.12 %

Piedra: 44.08 %

Agua de diseño: 210 lts/m³

Cemento: 338.46 Kg/m³

Slump: 4"

Contenido de aire: 1.5%

A/C:0.70

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LAB (KG)
Cemento	300	kg/m ³	8.40
Agua	209.87	L/m ³	5.87
Arena	1006.16	kg/m ³	28.16
Piedra	806.08	kg/m ³	22.56

C.- DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO

C1.- DISEÑO DE MEZCLAS A/C 0.60 CON ADITIVO ACELERANTE

1.-DISEÑO A/C: 0.60 CON 250 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	375	kg/m ³	10.56	kg
Agua	222.68	L/m ³	6.27	lts
Arena	945.69	kg/m ³	26.62	kg
Piedra	763.17	kg/m ³	21.49	kg
Aditivo	2.21	lt/m ³	62.12	ml

2.-DISEÑO A/C: 0.60 CON 375 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	375	kg/m ³	10.56	kg
Agua	221.58	L/m ³	6.24	lts
Arena	945.69	kg/m ³	26.62	kg
Piedra	763.17	kg/m ³	21.49	kg
Aditivo	3.31	L/m ³	93.18	ml

3.-DISEÑO A/C: 0.60 CON 500 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	375	kg/m ³	10.56	kg
Agua	220.47	L/m ³	6.21	lts
Arena	945.69	kg/m ³	26.62	kg
Piedra	763.17	kg/m ³	21.49	kg
Aditivo	4.42	L/m ³	124.24	ml

C2.- DISEÑO DE MEZCLAS A/C 0.65 CON ADITIVO ACELERANTE

1.-DISEÑO A/C: 0.65 CON 250 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	338.46	kg/m ³	9.52	kg
Agua	217.90	L/m ³	6.12	lts
Arena	970.01	kg/m ³	27.28	kg
Piedra	783.11	kg/m ³	22.02	kg
Aditivo	1.99	L/m ³	56.00	ml

2.-DISEÑO A/C: 0.65 CON 375 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	338.46	kg/m ³	9.52	kg
Agua	216.90	L/m ³	6.10	kg
Arena	970.01	kg/m ³	27.28	kg
Piedra	783.11	kg/m ³	22.02	kg
Aditivo	2.99	L/m ³	84.00	ml

3.-DISEÑO A/C: 0.65 CON 500 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	338.46	kg/m ³	9.52	kg
Agua	215.91	L/m ³	6.07	lts
Arena	970.01	kg/m ³	27.28	kg
Piedra	783.11	kg/m ³	22.02	kg
Aditivo	3.98	L/m ³	112.00	ml

C3.- DISEÑO DE MEZCLAS A/C 0.70 CON ADITIVO ACELERANTE

1.-DISEÑO A/C: 0.70 CON 250 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	300	kg/m ³	8.40	kg
Agua	208.10	L/m ³	5.82	lts
Arena	1006.16	kg/m ³	28.16	kg
Piedra	806.08	kg/m ³	22.56	kg
Aditivo	1.77	L/m ³	49.41	ml

2.-DISEÑO A/C: 0.70 CON 375 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	300	kg/m ³	8.40	kg
Agua	207.22	L/m ³	5.79	lts
Arena	1006.16	kg/m ³	28.16	kg
Piedra	806.08	kg/m ³	22.56	kg
Aditivo	2.65	L/m ³	74.12	ml

3.-DISEÑO A/C: 0.70 CON 500 ML DE ADITIVO ACELERANTE POR BOLSA DE CEMENTO

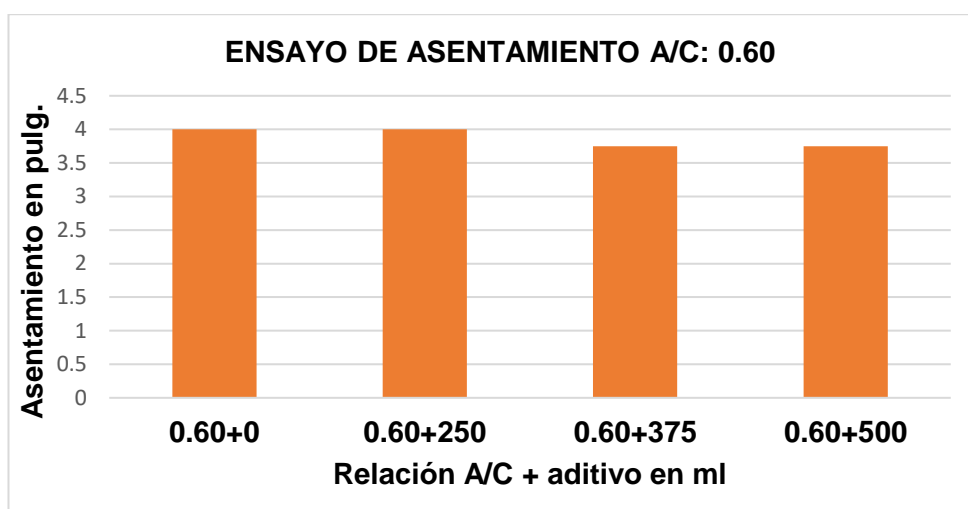
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	LABORATORIO	
Cemento	300	kg/m ³	8.40	kg
Agua	206.33	L/m ³	5.77	lts
Arena	1006.16	kg/m ³	28.16	kg
Piedra	806.08	kg/m ³	22.56	kg
Aditivo	3.54	L/m ³	98.82	ml

D.- ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

D1.- ASENTAMIENTO

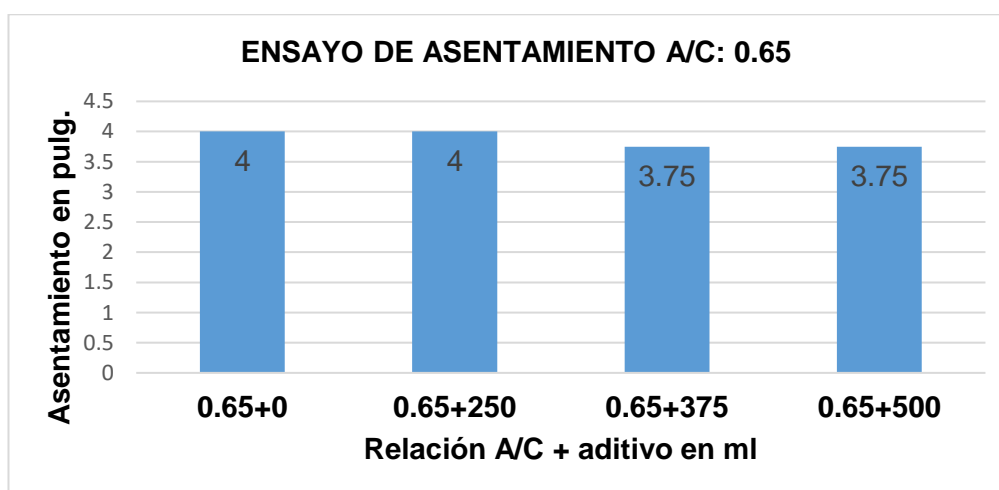
A/C: 0.60

Ensayos de concreto fresco	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
Asentamiento pulg.	4	4	3.75	3.75



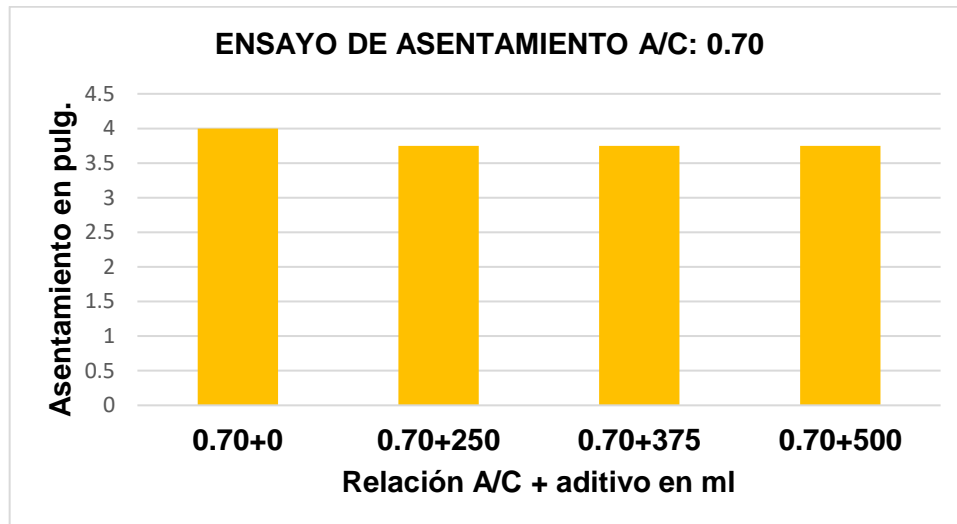
A/C: 0.65

Ensayos de concreto fresco	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
Asentamiento pulg.	4	4	3.75	3.75



A/C: 0.70

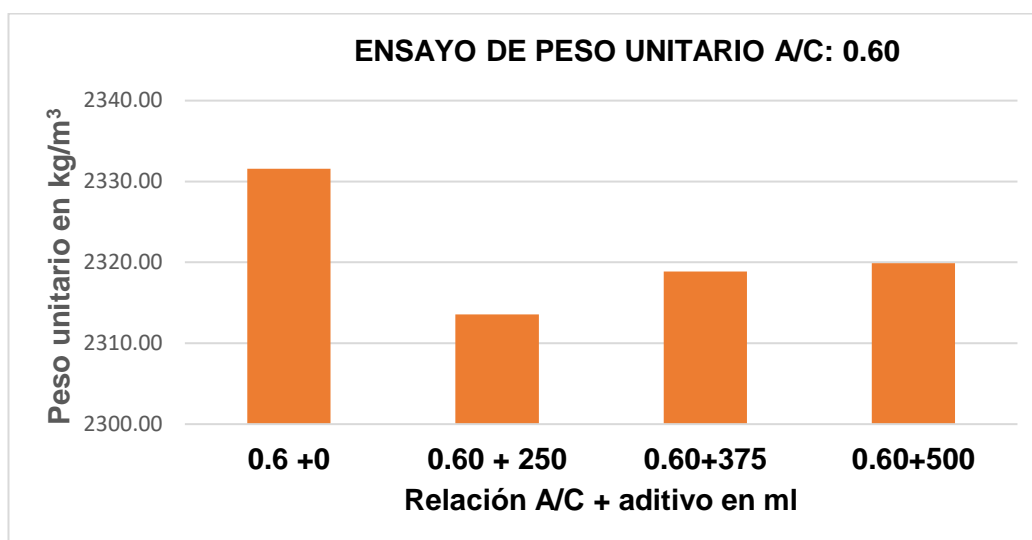
Ensayos de concreto fresco	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
Asentamiento en pulg.	4	3.75	3.75	3.75



D2.- PESO UNITARIO

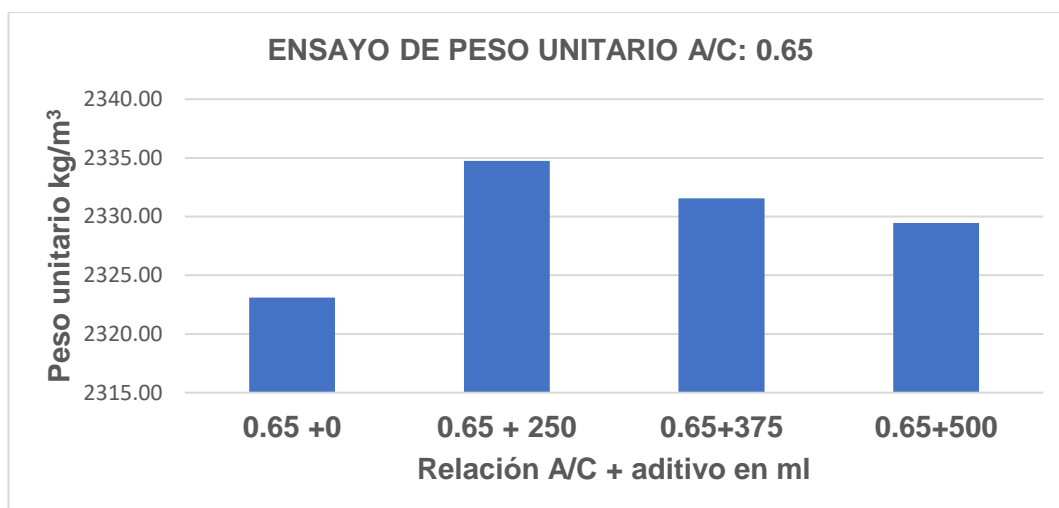
A/C: 0.60

Ensayo de peso unitario	peso de la muestra + balde en kg.	peso del balde en kg	peso de la muestra en kg	volumen del balde en m ³	peso unitario en kg/m ³	%
0.6 +0	27.61	5.6	22.01	0.00944	2331.57	100%
0.60 + 250	27.44	5.6	21.84	0.00944	2313.56	99.23%
0.60+375	27.49	5.6	21.89	0.00944	2318.86	99.45%
0.60+500	27.5	5.6	21.9	0.00944	2319.92	99.50%



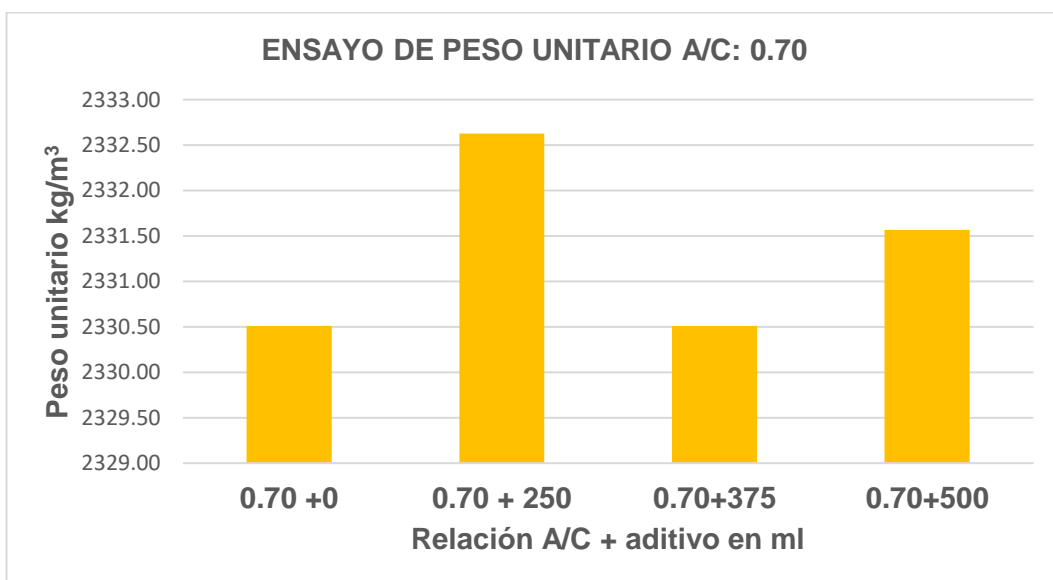
A/C: 0.65

Ensayo de peso unitario	peso de la muestra + balde en kg.	peso del balde en kg	peso de la muestra en kg	volumen del balde en m ³	peso unitario en kg/m ³	%
0.65 +0	27.53	5.6	21.93	0.00944	2323.09	100%
0.65 + 250	27.64	5.6	22.04	0.00944	2334.75	100.50%
0.65+375	27.61	5.6	22.01	0.00944	2331.57	100.36%
0.65+500	27.59	5.6	21.99	0.00944	2329.45	100.27%



A/C: 0.70

Ensayo de peso unitario	peso de la muestra + balde en kg.	peso del balde en kg	peso de la muestra en kg	volumen del balde en m ³	peso unitario en kg/m ³	%
0.70 +0	27.6	5.6	22	0.00944	2330.51	100%
0.70 + 250	27.62	5.6	22.02	0.00944	2332.63	100.09%
0.70+375	27.6	5.6	22	0.00944	2330.51	100.00%
0.70+500	27.61	5.6	22.01	0.00944	2331.57	100.05%

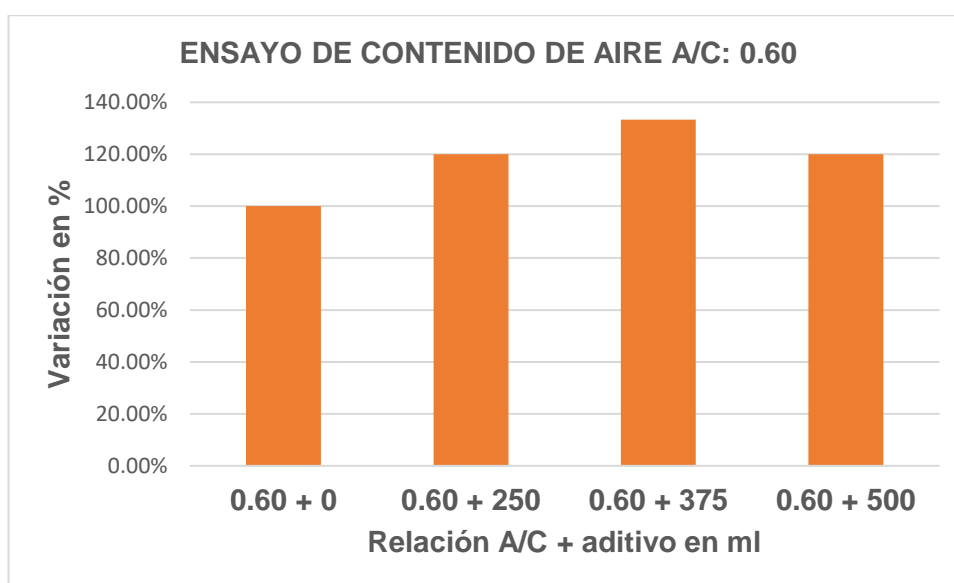


D3.- CONTENIDO DE AIRE

A/C: 0.60

contenido de aire	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
%	1.5	1.8	2.0	1.8

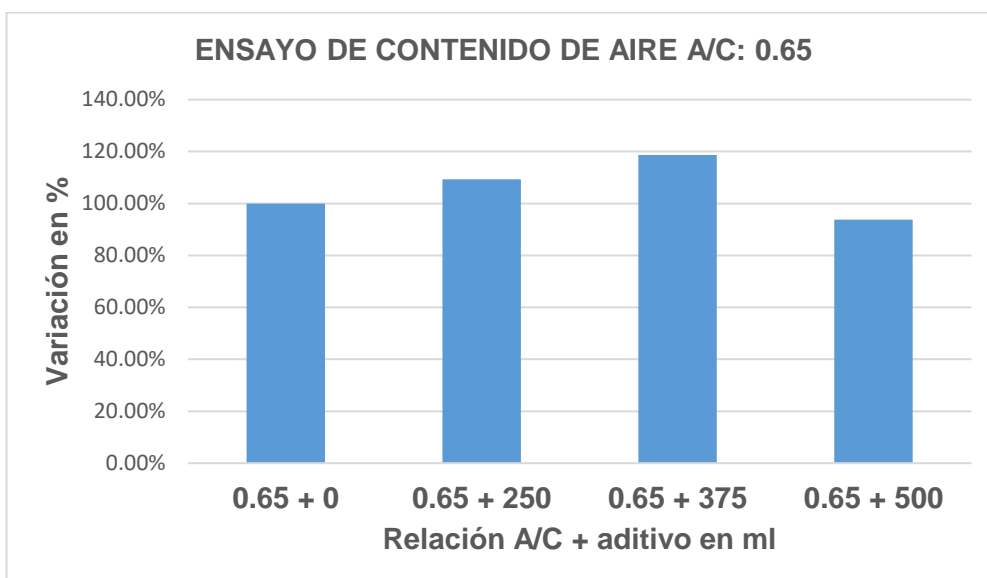
contenido de aire	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
	100%	120.00%	133.33%	120.00%



A/C: 0.65

contenido de aire	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
%	1.6	1.75	1.9	1.5

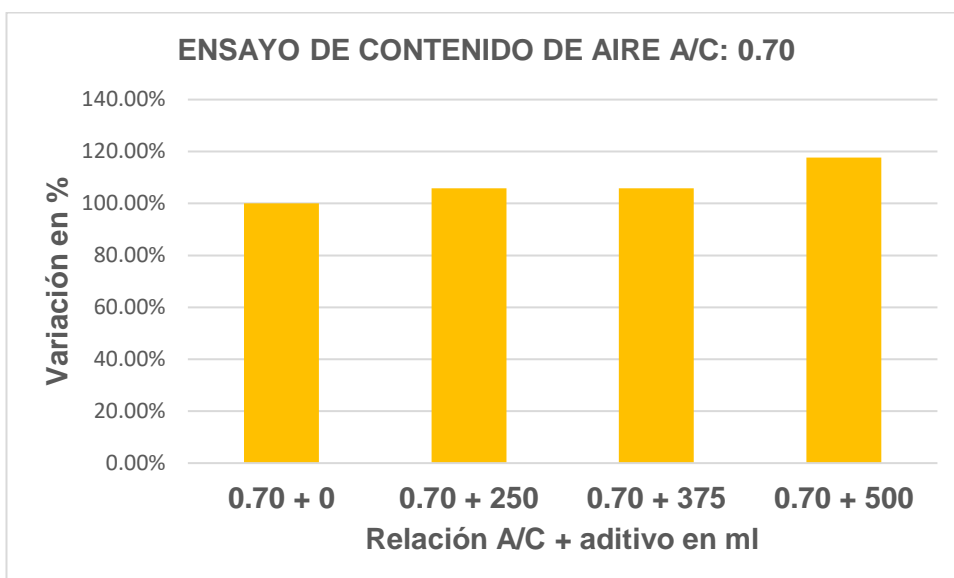
contenido de aire	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
	100%	109.38%	118.75%	93.75%



A/C: 0.70

contenido de aire	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
%	1.7	1.8	1.8	2.0

contenido de aire	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
%	100%	105.88%	105.88%	117.65%



D4.-EXUDACIÓN**A/C: 0.60**

0.60+0	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
11.07 am	0	0	0.00	0
11.17 am	10	10	2.0	2.0
11.27 am	10	20	2.5	4.5
11.37 am	10	30	2.2	6.7
11.47 am	10	40	1.5	8.2
12.17 pm	30	70	4.5	12.7
12.47 pm	30	100	3.4	16.1
13.17 pm	30	130	2.1	18.2

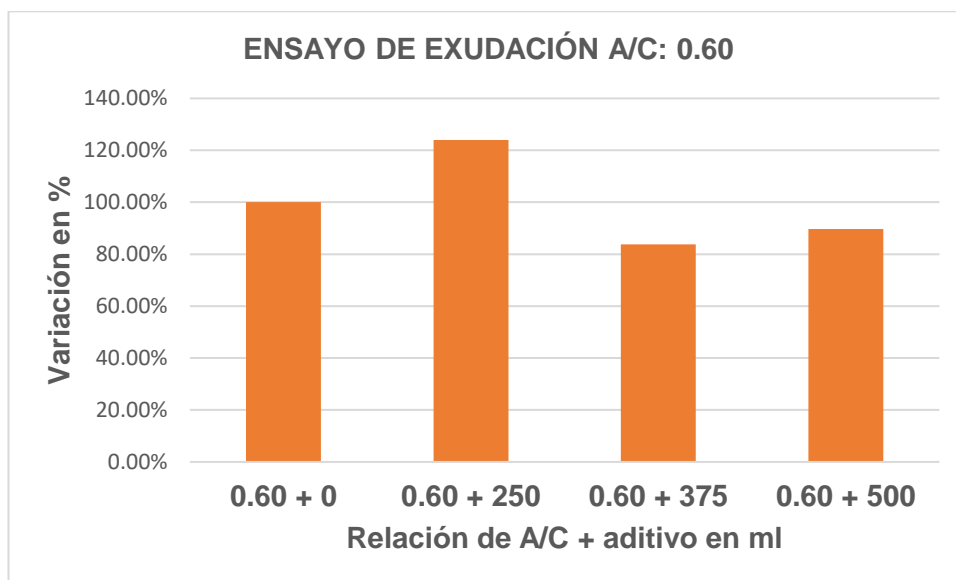
0.60+250	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
9.32 am	0	0	0.00	0
9.42 am	10	10	2.0	2.0
9.52 am	10	20	2.0	4.0
10.02 am	10	30	1.0	5.0
10.12 am	10	40	2.2	7.2
10.42 am	30	70	5.8	13.0
11.12 am	30	100	8.2	21.2
11.42 am	30	130	1.9	23.1

0.60+375	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.34 am	0	0	0.00	0
08.44 am	10	10	1.0	1.0
08.54 am	10	20	1.0	2.0
09.04 am	10	30	1.2	3.2
09.14 am	10	40	1.5	4.7
09.44 am	30	70	6.0	10.7
10.14 am	30	100	3.8	14.5
10.44 am	30	130	0.7	15.2

0.60+500	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.45 am	0	0	0.00	0
08.55 am	10	10	0.6	0.6
09.05 am	10	20	2.6	3.2
09.15 am	10	30	1.8	5
09.45 am	10	40	1.8	6.8
10.15 am	30	70	3.6	10.4
10.45 am	30	100	3.5	13.9
11.15 am	30	130	2.8	16.7

exudación	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
%	2.04	2.53	1.71	1.83

exudación	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
	100%	124.02%	83.82%	89.71%



A/C: 0.65

0.65+0	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.32 am	0	0	0.00	0
08.42 am	10	10	1.0	1.0
08.52 am	10	20	1.8	2.8
09.02 am	10	30	1.8	4.6
09.12 am	10	40	1	5.6
09.42 pm	30	70	5.6	11.2
10.12 pm	30	100	8.7	19.9
10.42 pm	30	130	1.8	21.7

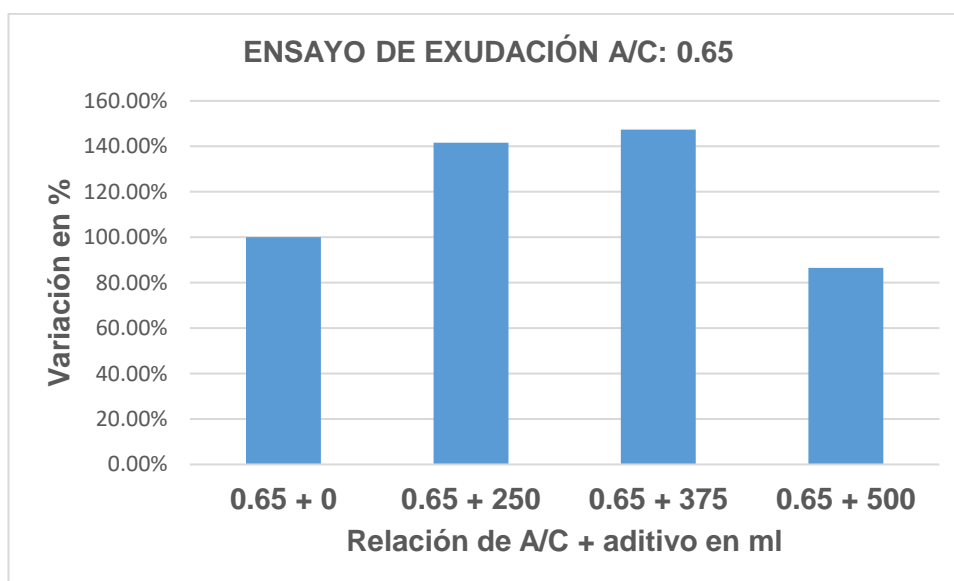
0.65+250	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.36 am	0	0	0.00	0
08.46 am	10	10	1.0	1.0
08.56 am	10	20	2.8	3.8
09.06 am	10	30	1.8	5.6
09.16 am	10	40	2.0	7.6
09.46 pm	30	70	8.6	16.2
10.16 pm	30	100	7.2	23.4
10.36 pm	30	130	7.3	30.7

0.65+375	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.30 am	0	0	0.00	0
08.40 am	10	10	1.0	1.0
08.50 am	10	20	1.0	2
09.00 am	10	30	1.8	3.8
09.10 am	10	40	3.0	6.8
09.40 pm	30	70	9.0	15.8
10.10 pm	30	100	10.6	26.4
10.40 pm	30	130	5.2	31.6

0.65+500	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
09.45 am	0	0	0.00	0
09.55 am	10	10	1.0	1.0
10.05 am	10	20	1.0	2
10.15 am	10	30	2.2	4.2
10.25 am	10	40	2.5	6.7
10.55 pm	30	70	5.6	12.3
11.25 pm	30	100	3.8	16.1

exudación	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
%	2.45	3.47	3.61	2.12

exudación	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
	100%	141.63%	147.35%	86.53%



A/C: 0.70

0.70+0	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.45 am	0	0	0.00	0
08.55 am	10	10	0.5	0.5
09.05 am	10	20	0.5	1
09.15 am	10	30	2.5	3.5
09.25 am	10	40	2.7	6.2
09.55 pm	30	70	5.9	12.1
10.25 pm	30	100	2.4	14.5
10.55 pm	30	130	0.3	14.8

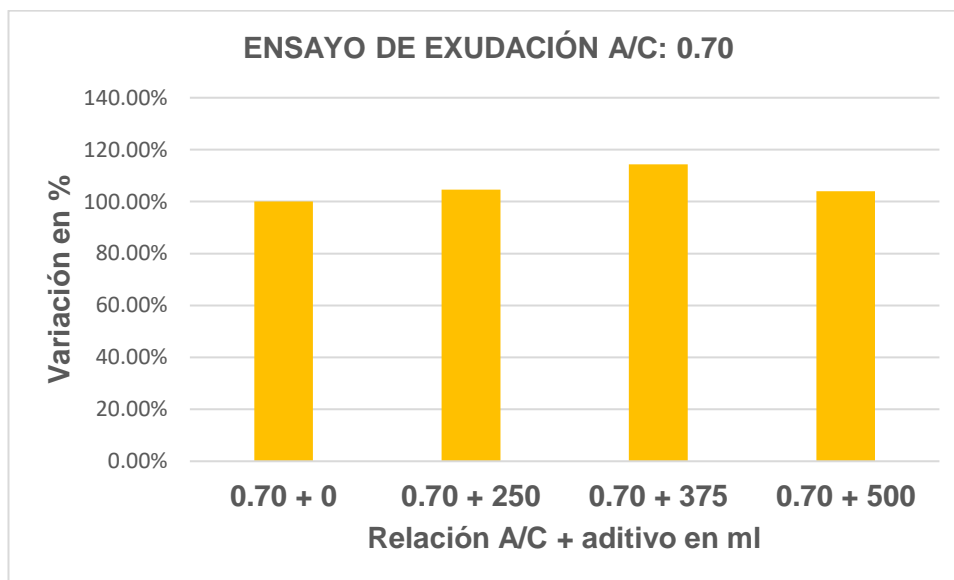
0.70+250	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.34 am	0	0	0.00	0
08.44 am	10	10	0.6	0.6
08.54 am	10	20	0.6	1.2
09.04 am	10	30	1.8	3
09.14 am	10	40	2.1	5.1
09.44 pm	30	70	3.8	8.9
10.14 pm	30	100	3.1	12
10.44 pm	30	130	3.4	15.4

0.70+375	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
08.42 am	0	0	0.00	0
08.52 am	10	10	0.5	0.5
09.02 am	10	20	1.4	1.9
09.12 am	10	30	1.3	3.2
09.22 am	10	40	1.6	4.8
09.52 pm	30	70	6.2	11
10.22 pm	30	100	3.2	14.2
10.52 pm	30	130	2.5	16.7

0.70+500	tiempo parcial min	tiempo acumulado min	volumen parcial ml	volumen acumulado ml
09.23 am	0	0	0.00	0
09.33 am	10	10	0.5	0.5
09.43 am	10	20	1.6	2.1
09.53 am	10	30	2.4	4.5
10.03 am	10	40	3.0	7.5
10.33 pm	30	70	5.9	13.4
11.03 pm	30	100	1.4	14.8
11.33 pm	30	130	1.1	15.9

exudación	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
%	1.74	1.82	2.0	1.81

exudación	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
	100%	104.60%	114.37%	104.02%



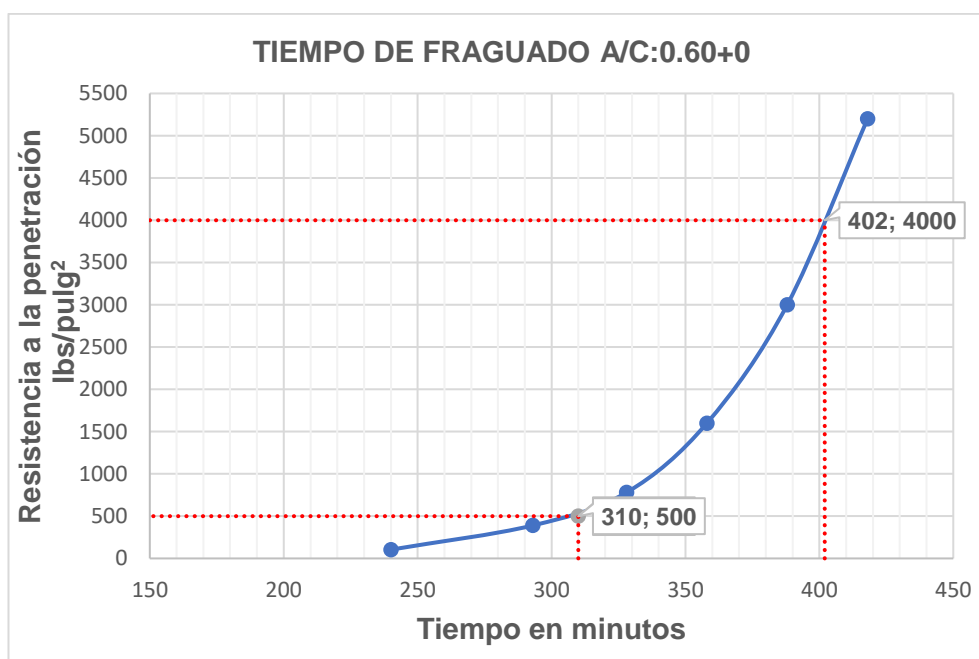
D5.- TIEMPO DE FRAGUADO

A/C: 0.60

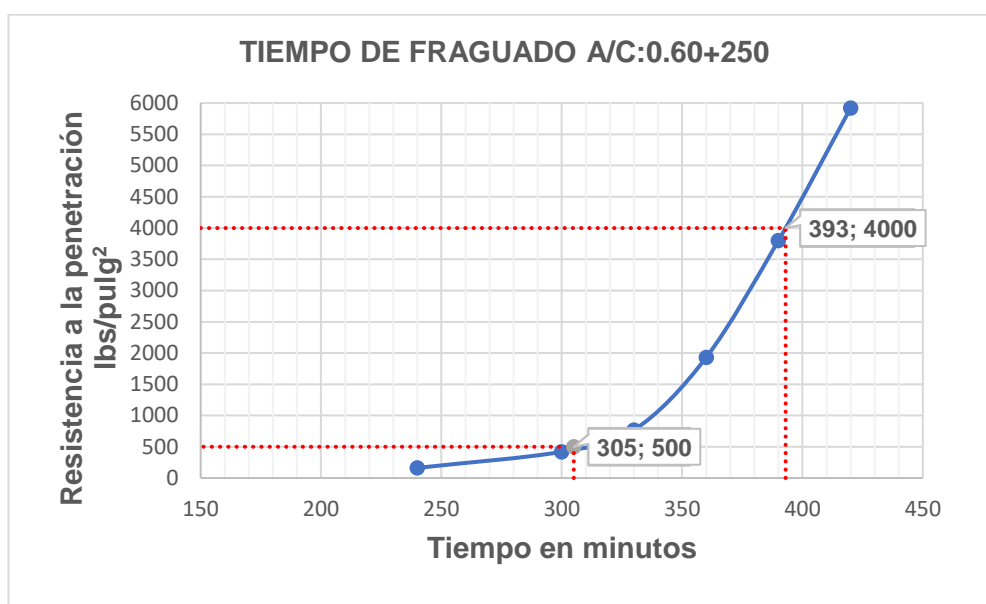
Tiempo de fraguado	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
TFI	5h: 10 min	5h: 05min	4h: 40min	4h: 22min
TFF	6h: 42 min	6h: 33min	6h:10min	5h: 53min

Tiempo de fraguado	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
TFI min	310	305	280	262
TFF min	402	393	370	353

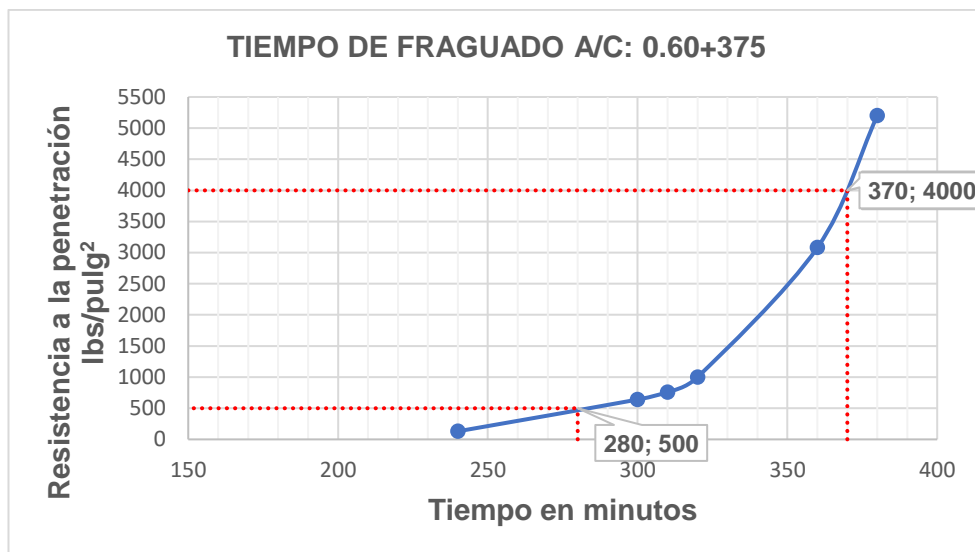
0.60+0 Inicio 9.17 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
13.17 pm	240	1	1	104	104
14.10 pm	293	2	0.5	195	390
14.45 pm	328	3	0.25	195	780
15.15 pm	358	4	0.1	160	1600
15.45 pm	388	5	0.05	150	3000
16.15 pm	418	6	0.025	130	5200



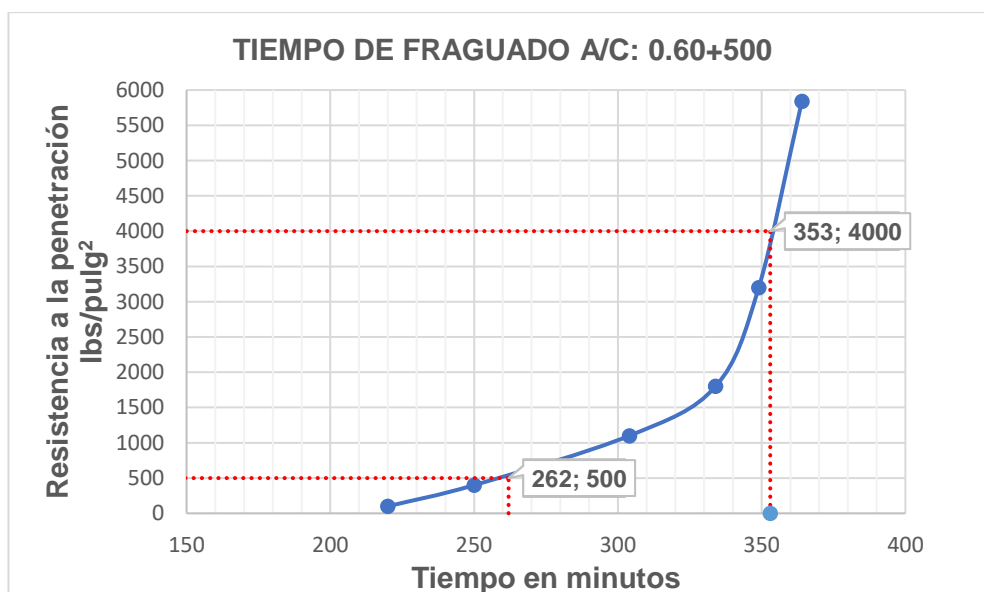
0.60+250 Inicio 9.15 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
13.15 pm	240	1	1	162	162
14.15 pm	300	2	0.5	195	390
14.45 pm	330	3	0.25	192	768
15.15 pm	360	4	0.1	193	1930
15.45 pm	390	5	0.05	190	3800
16.15 pm	420	6	0.025	148	5920



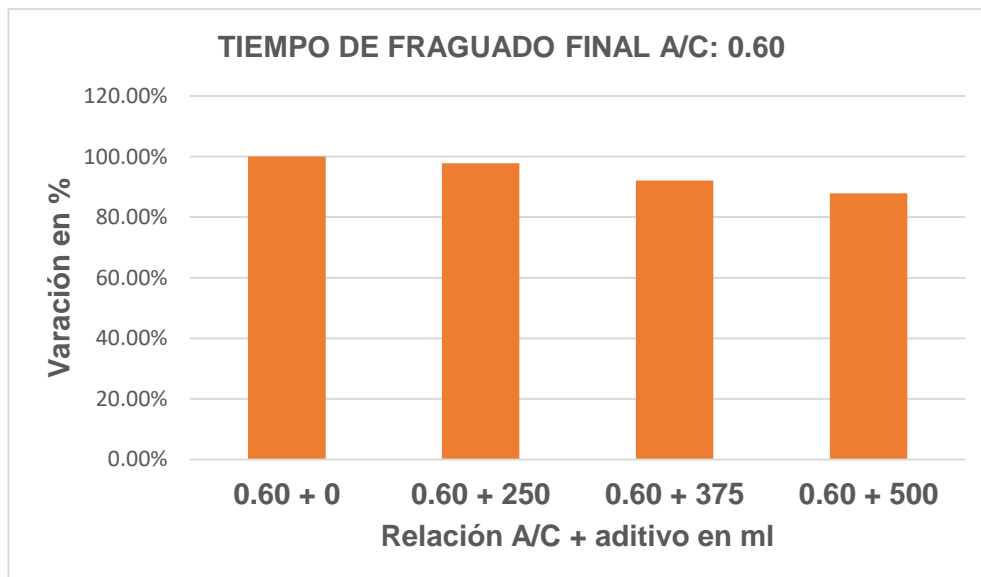
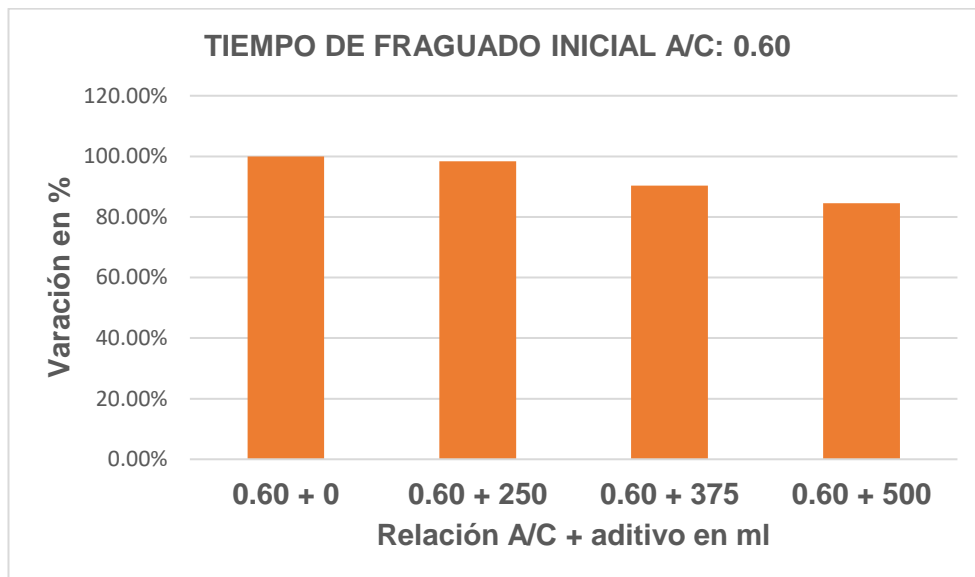
0.60 +375 Inicio 8.17 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
12.17 pm	240	1	1	130	130
12.37 pm	260	2	0.5	195	390
13.17 pm	300	3	0.25	160	640
13.27 pm	310	3	0.25	190	760
13.37 pm	320	4	0.1	140	1400
14.17 pm	360	5	0.05	154	3080
14.37 pm	380	6	0.025	130	5200



0.60+500 Inicio 8.26 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
12.06 pm	220	1	1	100	100
12.36 pm	250	2	0.5	200	400
13.06 pm	280	3	0.25	190	760
13.30 pm	304	4	0.1	110	1100
14.00 pm	334	4	0.1	180	1800
14.15 pm	349	5	0.05	160	3200
14.30 pm	364	6	0.025	146	5840



Tiempo de fraguado	0.60 + 0	0.60 + 250	0.60 + 375	0.60 + 500
TFI	100%	98.39%	90.32%	84.52%
TFF	100%	97.76%	92.04%	87.81%

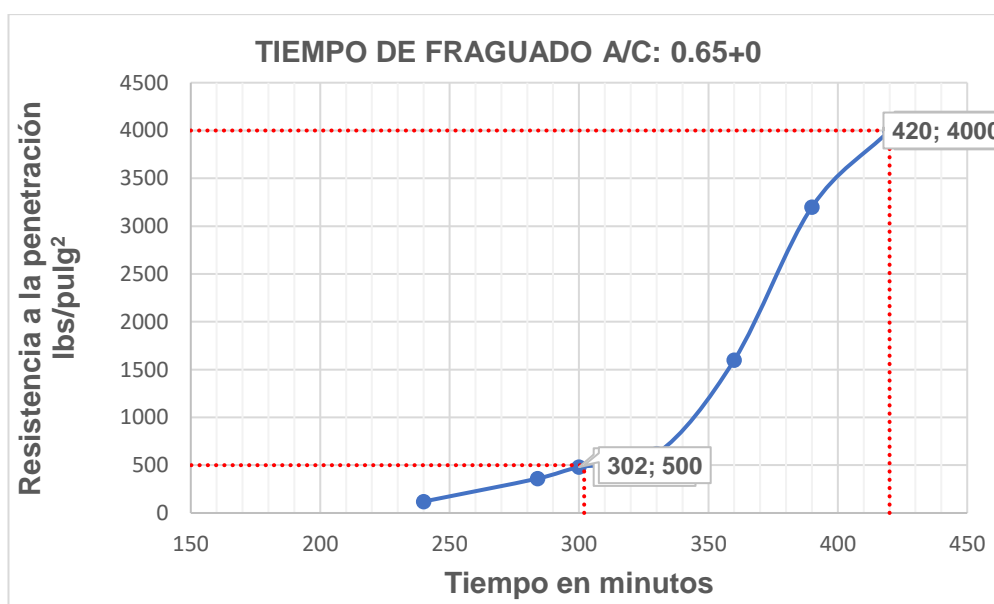


A/C: 0.65

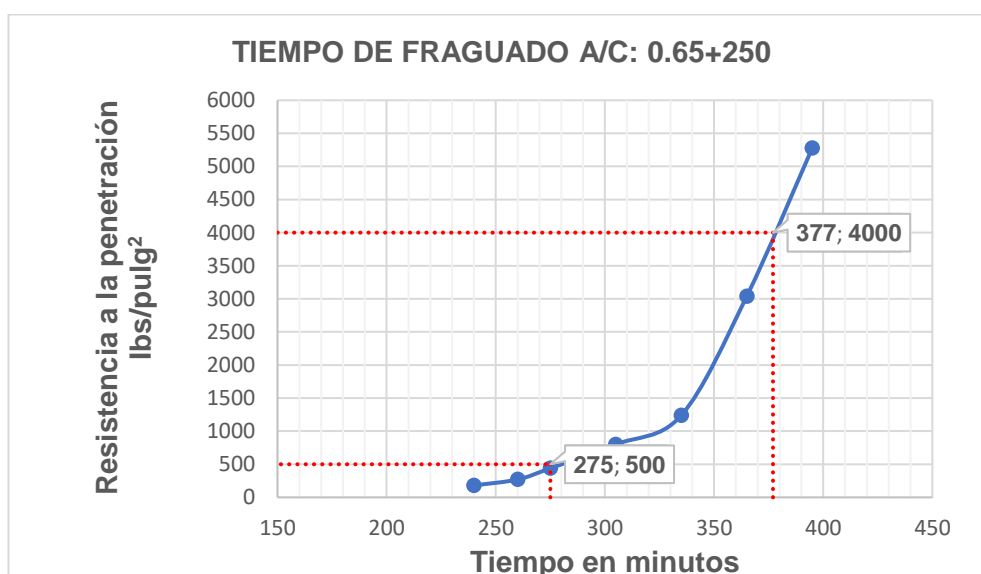
Tiempo de fraguado	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
TFI	5h: 02 min	4h: 35min	4h: 38min	4h: 49min
TFF	7h: 00 min	6h: 17min	5h: 58min	6h: 22min

Tiempo de fraguado	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
TFI min	302	275	278	289
TFF min	420	377	358	382

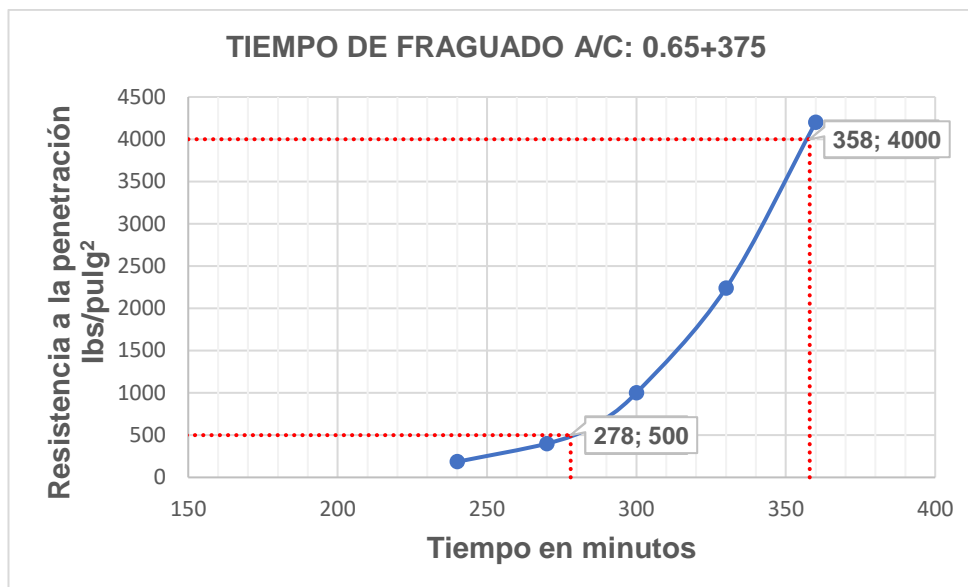
0.65+0 Inicio 8.16 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
12.16 pm	240	1	1	120	120
13.00 pm	284	2	0.5	180	360
13.16 pm	300	3	0.25	120	480
13.46 pm	330	4	0.1	62	620
14.16 pm	360	5	0.05	80	1600
14.46 pm	390	6	0.025	80	3200
15.16 pm	420	6	0.025	100	4000



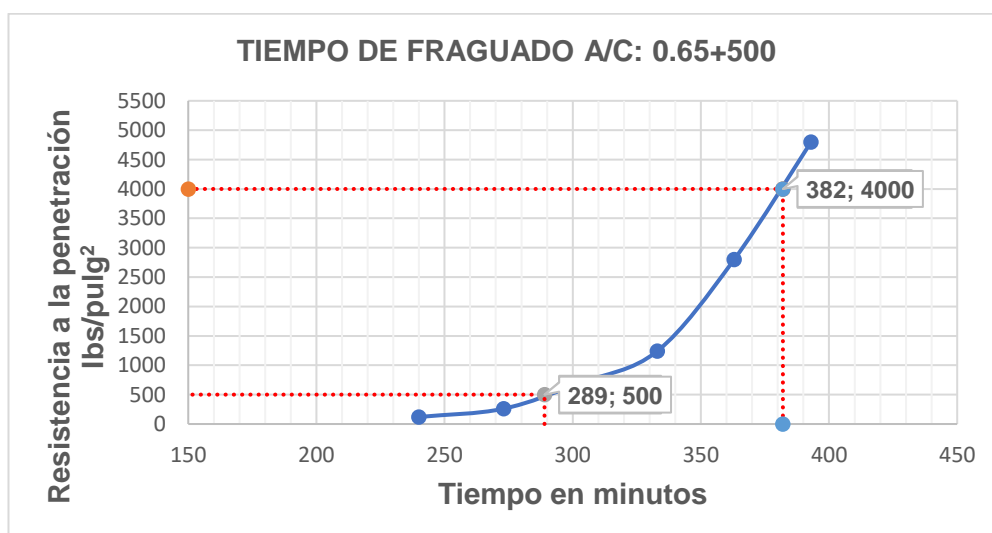
0.65+250 Inicio 8.20 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
12.20 pm	240	1	1	180	180
12.40 pm	260	2	0.5	135	270
12.50 pm	270	3	0.25	110	440
13.25 pm	305	4	0.1	80	800
13.55 pm	335	5	0.05	62	1240
14.25 pm	365	6	0.025	76	3040
14.55 pm	395	6	0.025	132	5280



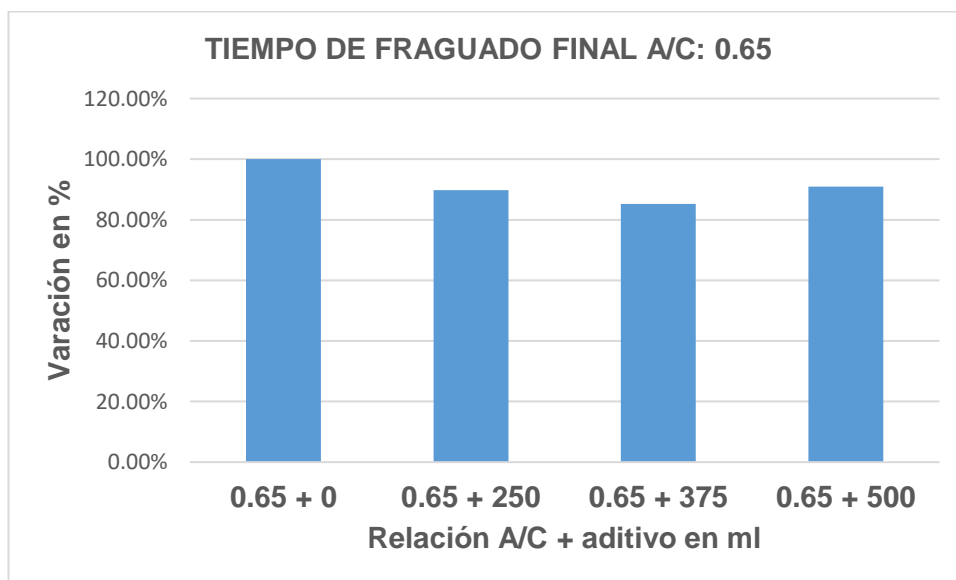
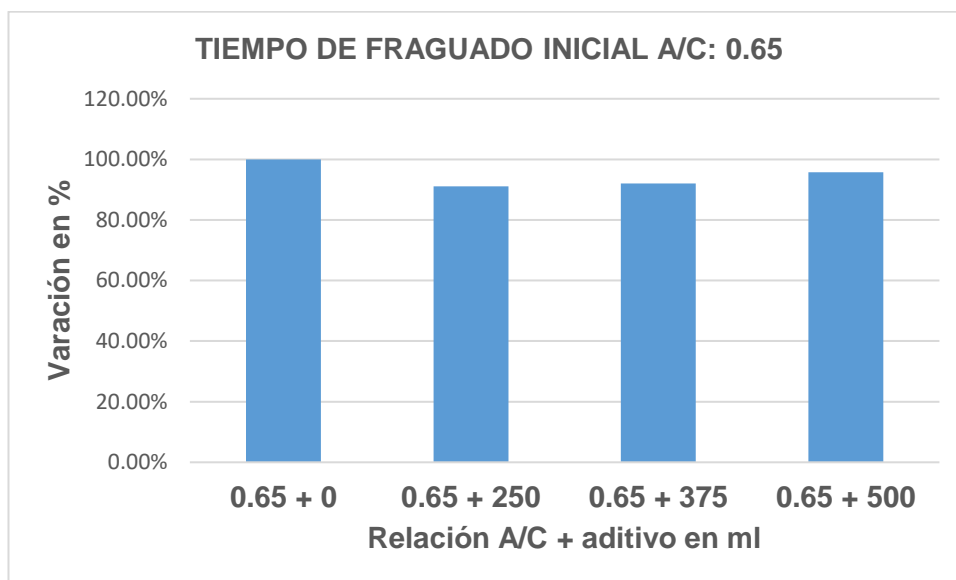
0.65+375 Inicio 8.30 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
12.30 pm	240	1	1	185	185
13.00 pm	270	2	0.5	200	400
13.15 pm	285	3	0.25	150	600
13.30 pm	300	4	0.1	100	1000
14.00 pm	330	5	0.05	112	2240
14.30 pm	360	6	0.025	105	4200



0.65+500 Inicio 8.27 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg²
12.27 pm	240	1	1	120	120
13.00 pm	273	2	0.5	130	260
13.15 pm	288	3	0.25	124	496
13.30 pm	303	4	0.1	70	700
15.15 pm	333	5	0.05	62	1240
15.45 pm	363	6	0.025	70	2800
16.15 pm	393	6	0.025	120	4800



Tiempo de fraguado	0.65 + 0	0.65 + 250	0.65 + 375	0.65 + 500
TFI	100%	91.06%	92.05%	95.70%
TFF	100%	89.76%	85.24%	90.95%

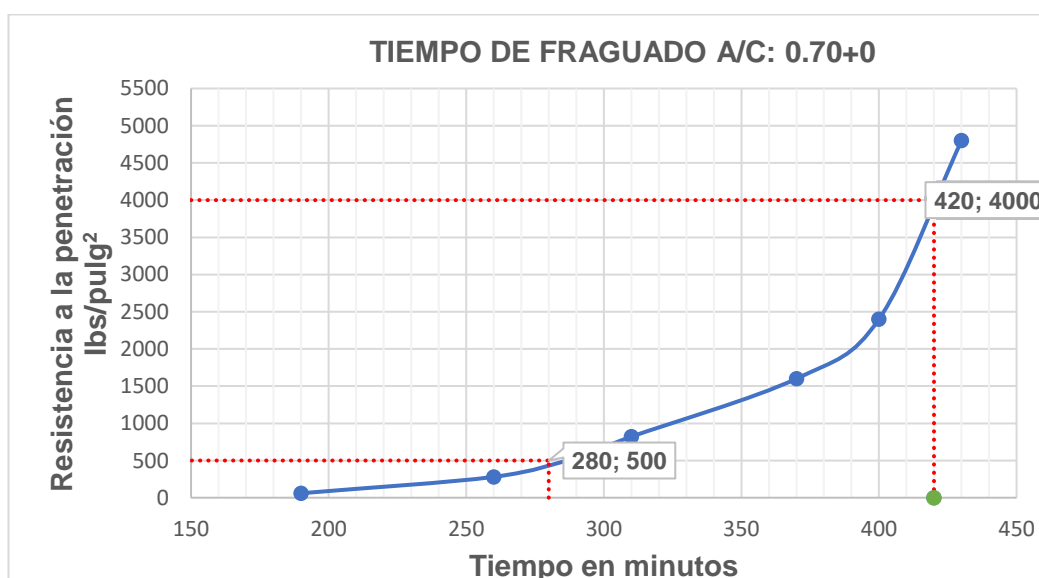


A/C: 0.70

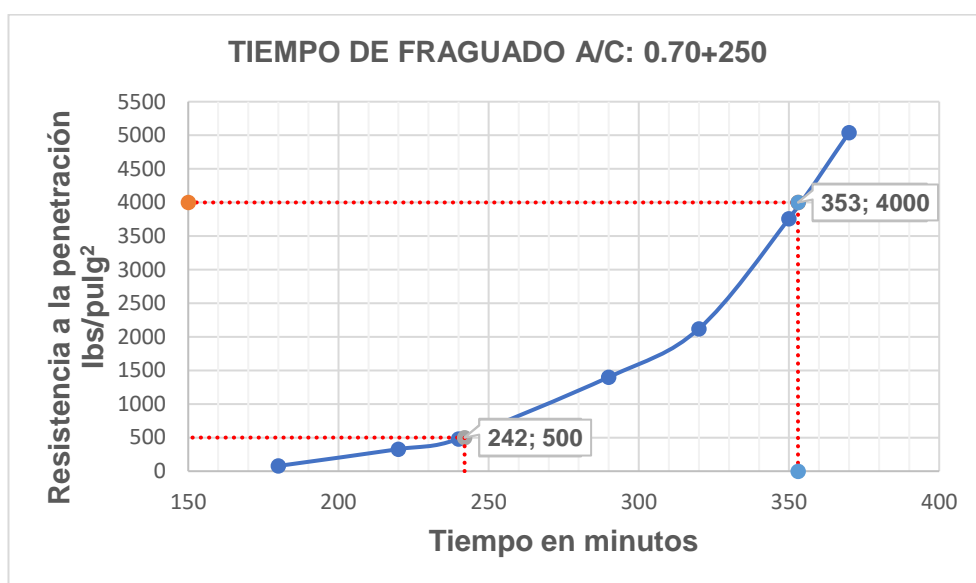
Tiempo de fraguado	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
TFI	4h: 40 min	4h: 02min	4h: 30min	4h: 03min
TFF	7h: 00 min	5h: 53min	6h: 02min	5h: 38min

Tiempo de fraguado	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
TFI min	280	242	270.0	243
TFF min	420	353	362	338

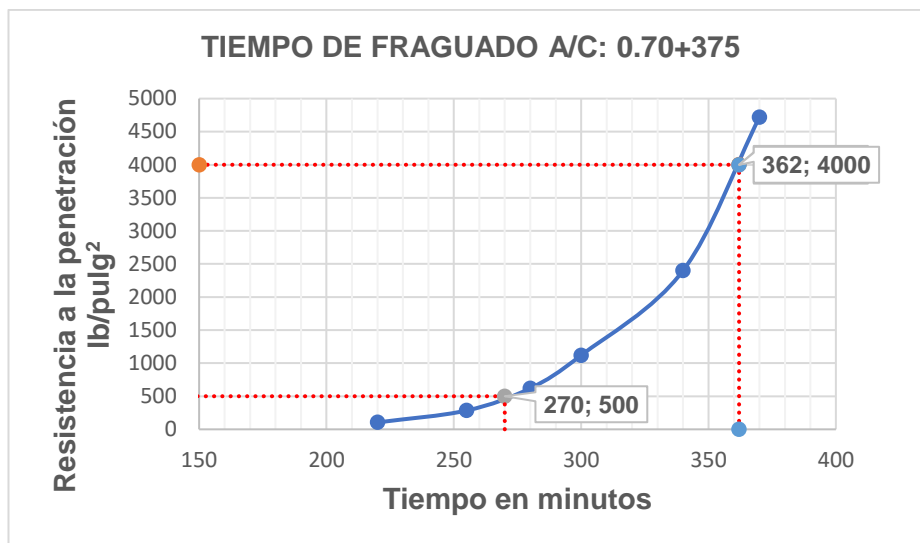
0.70+0 Inicio 8.20 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
11.30 am	190	1	1	60	60
12.40 pm	260	2	0.5	140	280
13.10 pm	290	3	0.25	135	540
13.30 pm	310	4	0.1	82	820
14.30 pm	370	5	0.05	80	1600
15.00 pm	400	6	0.025	60	2400
15.30 pm	430	6	0.025	120	4800



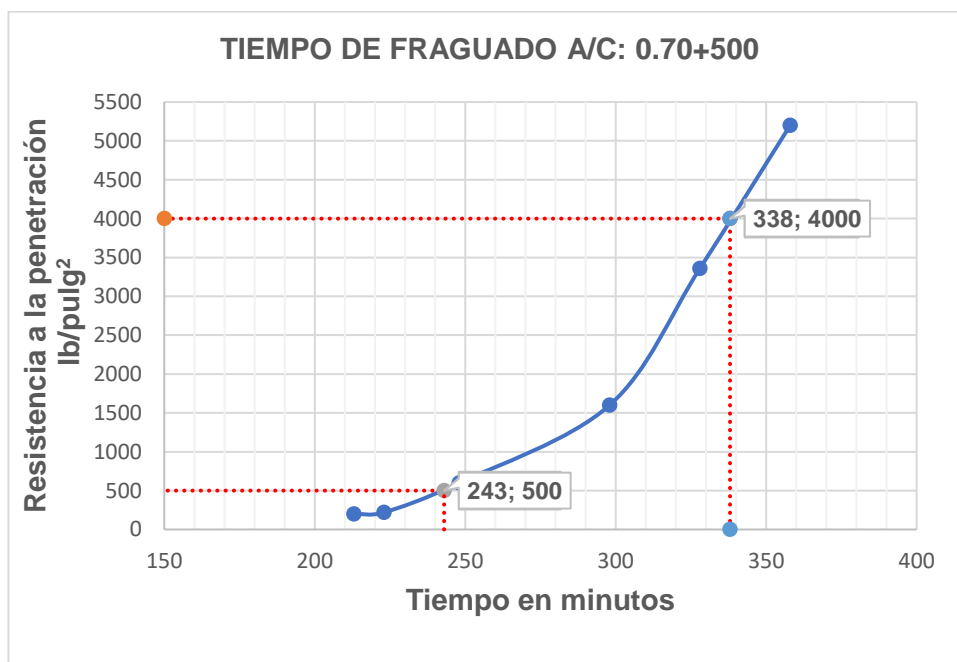
0.70+250 Inicio 8.28 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
11.28 am	180	1	1	78	78
12.08 pm	220	2	0.5	164	328
12.28 pm	240	3	0.25	120	480
13.18 pm	290	4	0.1	140	1400
13.48 pm	320	5	0.05	106	2120
14.18 pm	350	6	0.025	94	3760
14.38 pm	370	6	0.025	126	5040



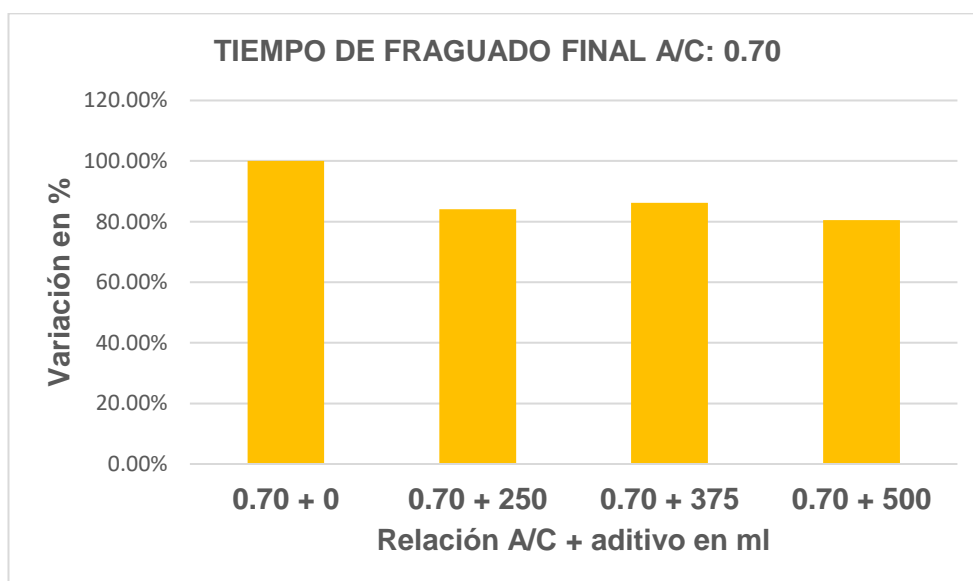
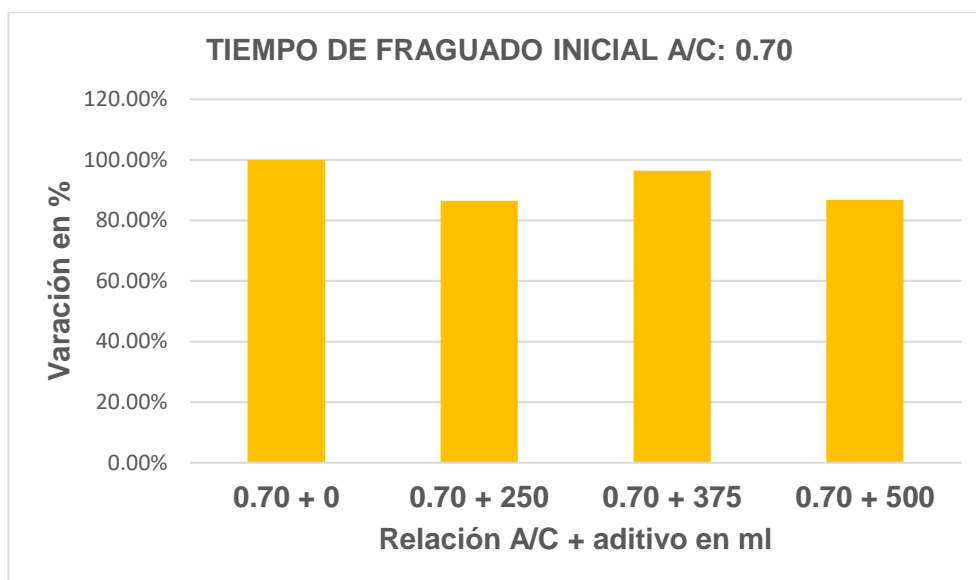
0.70+375 Inicio 8.20 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg ²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg ²
12.00 pm	220	1	1	104	104
12.35 pm	255	2	0.5	142	284
13.00 pm	280	3	0.25	155	620
13.20 pm	300	4	0.1	112	1120
14.00 pm	340	5	0.05	120	2400
14.30 pm	370	6	0.025	118	4720



0.70+500 Inicio 9.07 am	Tiempo acumulado en minutos	Numero de Aguja	Área de agujas pulg²	Fuerza lbs	Resistencia penetración lbs/pulg²
12.40 pm	213	1	1	200	200
12.50 pm	223	2	0.5	110	220
13.15 pm	248	3	0.25	150	600
14.05 pm	298	4	0.1	160	1600
14.35 pm	328	5	0.05	168	3360
15.05 pm	358	6	0.025	130	5200



Tiempo de fraguado	0.70 + 0	0.70 + 250	0.70 + 375	0.70 + 500
TFI	100%	86.43%	96.43%	86.79%
TFF	100%	84.05%	86.19%	80.48%



E.- ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

E1.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

A/C: 0.60

Resistencia a la compresión Kg/cm ²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
1 día	80.48	122.64	127.88	131.64
3 días	202.79	211.83	217.25	211.89
7 días	245.28	260.67	259.2	292.57
28 días	285.94	357.81	346.87	361.42

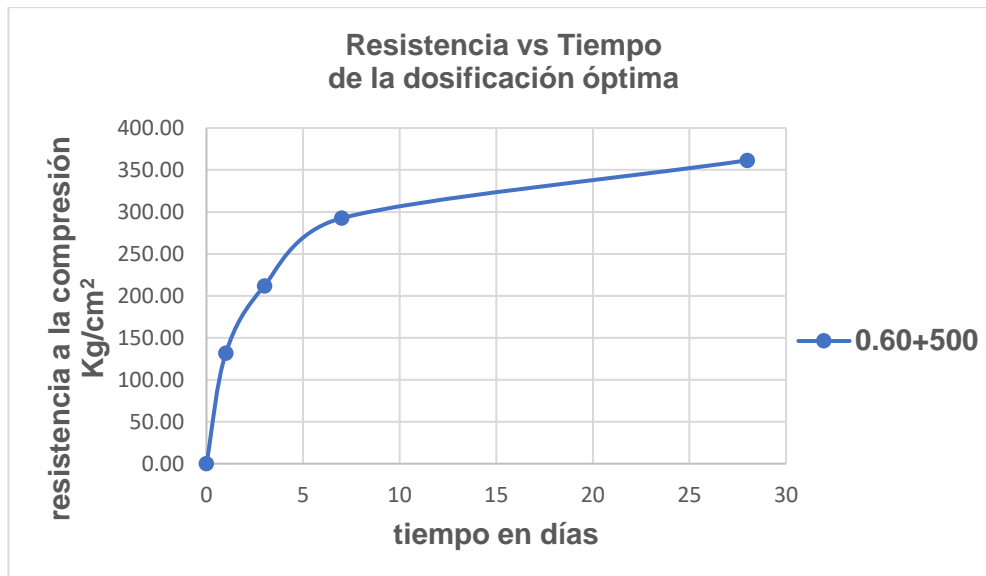
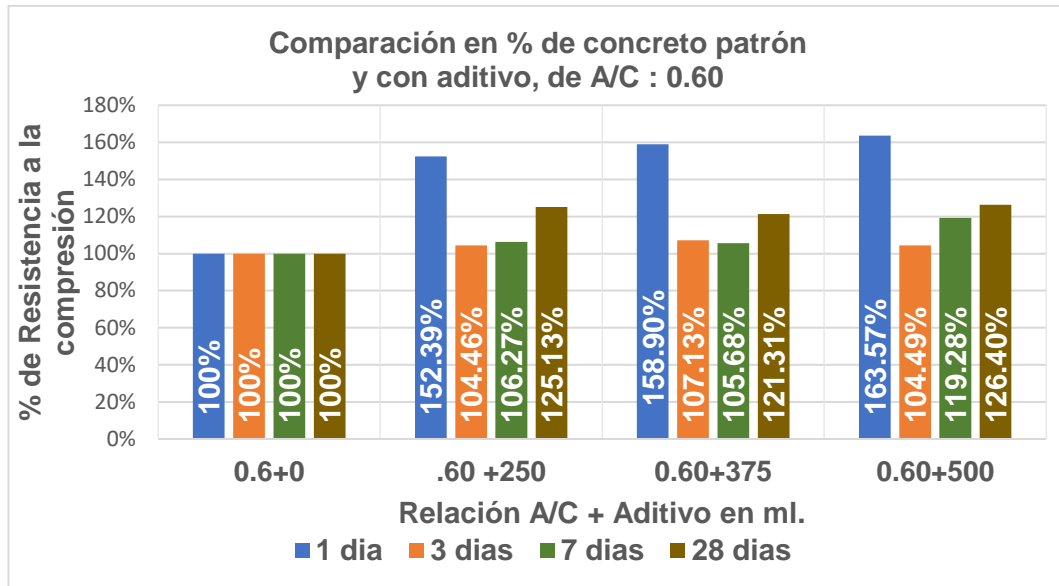
0.60+0	Diámetro cm	Área cm ²	Carga kg	Compresión kg/cm ²	Promedio kg/cm ²
1 día	10.04	79.17	6,532	82.51	80.48
	10.05	79.33	6,250	78.79	
	10.01	78.70	6,308	80.16	
3 días	10.02	78.85	15,758	199.84	202.79
	10.01	78.70	16,533	210.08	
	10.01	78.70	15,618	198.46	
7 días	10.08	79.80	21,193	265.57	245.28
	10.08	79.80	19,414	243.28	
	10.06	79.49	18,042	226.99	
28 días	10.06	79.49	22,652	284.98	285.94
	10.03	79.01	22,527	285.11	
	10.08	79.80	21,879	274.17	
	10.06	79.49	22,793	286.76	
	10.07	79.64	22,028	276.58	
	10.05	79.33	22,531	284.03	
	10.03	79.01	22,043	278.98	
	10.1	80.12	22,175	276.78	
	10.03	79.01	22,287	282.07	
	10.09	79.96	23,859	298.39	
	10.01	78.70	21,833	277.43	
	10.04	79.17	23,326	294.63	
	10.03	79.01	23,925	302.80	
10.05	79.33	22,117	278.81		
10.02	78.85	24,254	307.58		

0.60+250	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.05	79.33	10,804	136.20	122.64
	10.04	79.17	8,392	106.00	
	10.06	79.49	9,993	125.72	
3 días	10.03	79.01	16,283	206.08	211.83
	10.03	79.01	17,772	224.93	
	10.04	79.17	16,189	204.49	
7 días	10.03	79.01	20,409	258.30	260.67
	10.06	79.49	21,623	272.04	
	10.06	79.49	20,004	251.67	
28 días	10.04	79.17	27,206	343.64	357.81
	10.04	79.17	26,998	341.01	
	10.05	79.33	28,519	359.51	
	10.05	79.33	28,701	361.80	
	10.02	78.85	27,928	354.17	
	10.03	79.01	29,079	368.03	
	10.02	78.85	28,546	362.01	
	10.03	79.01	28,496	360.65	
	10.01	78.70	28,009	355.91	
	10.04	79.17	28,872	364.69	
	10.04	79.17	29,316	370.29	
	10.05	79.33	29,479	371.61	
	10.04	79.17	26,170	330.56	
	10.03	79.01	28,672	362.88	
10.04	79.17	28,526	360.32		

0.60+375	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.04	79.17	10,309	130.21	127.88
	10.06	79.49	10,465	131.66	
	10.04	79.17	9,641	121.78	
3 días	10.04	79.17	17,441	220.30	217.25
	10.03	79.01	18,132	229.48	
	10.02	78.85	15,926	201.97	
7 días	10.04	79.17	20,694	261.39	259.20
	10.06	79.49	20,644	259.72	
	10.03	79.01	20,265	256.48	
28 días	10.05	79.33	28,996	365.52	346.87
	10.04	79.17	29,616	374.08	
	10.02	78.85	26,422	335.07	
	10.04	79.17	26,813	338.68	
	10.03	79.01	27,716	350.78	
	10.04	79.17	27,779	350.88	
	10.04	79.17	27,025	341.36	
	10.03	79.01	28,707	363.32	
	10.02	78.85	26,218	332.49	
	10.04	79.17	25,887	326.98	
	10.03	79.01	28,031	354.77	
	10.03	79.01	26,346	333.44	
	10.03	79.01	26,369	333.73	
	10.04	79.17	27,308	344.93	
10.03	79.01	28,212	357.06		

0.60+500	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 días	10.03	79.01	10,961	138.73	131.64
	10.05	79.33	10,100	127.32	
	10.04	79.17	10,204	128.89	
3 días	10.03	79.01	16,546	209.41	211.89
	10.04	79.17	16,962	214.25	
	10.04	79.17	16,785	212.01	
7 días	10.05	79.33	23,973	302.20	292.57
	10.02	78.85	22,921	290.67	
	10.05	79.33	22,596	284.84	
28 días	10.03	79.01	27,589	349.18	361.42
	10.03	79.01	29,623	374.92	
	10.04	79.17	27,723	350.17	
	10.04	79.17	29,112	367.72	
	10.03	79.01	27,933	353.53	
	10.04	79.17	29,638	374.36	
	10.04	79.17	29,862	377.19	
	10.04	79.17	28,217	356.41	
	10.03	79.01	27,546	348.63	
	10.02	78.85	29,041	368.29	
	10.04	79.17	30,923	390.59	
	10.03	79.01	26,875	340.14	
	10.04	79.17	26,354	332.88	
	10.04	79.17	29,639	374.37	
10.01	78.70	28,564	362.96		

Resistencia a la compresión Kg/cm²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
1 día	100%	152.39%	158.90%	163.57%
3 días	100%	104.46%	107.13%	104.49%
7 días	100%	106.27%	105.68%	119.28%
28 días	100%	125.13%	121.31%	126.40%



A/C: 0.65

Resistencia a la compresión kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
1 día	73.86	95.33	116.53	118.18
3 días	184.93	181.93	209.81	195.4
7 días	194.17	224.65	231.66	234.66
28 días	270.63	309.95	336.71	343

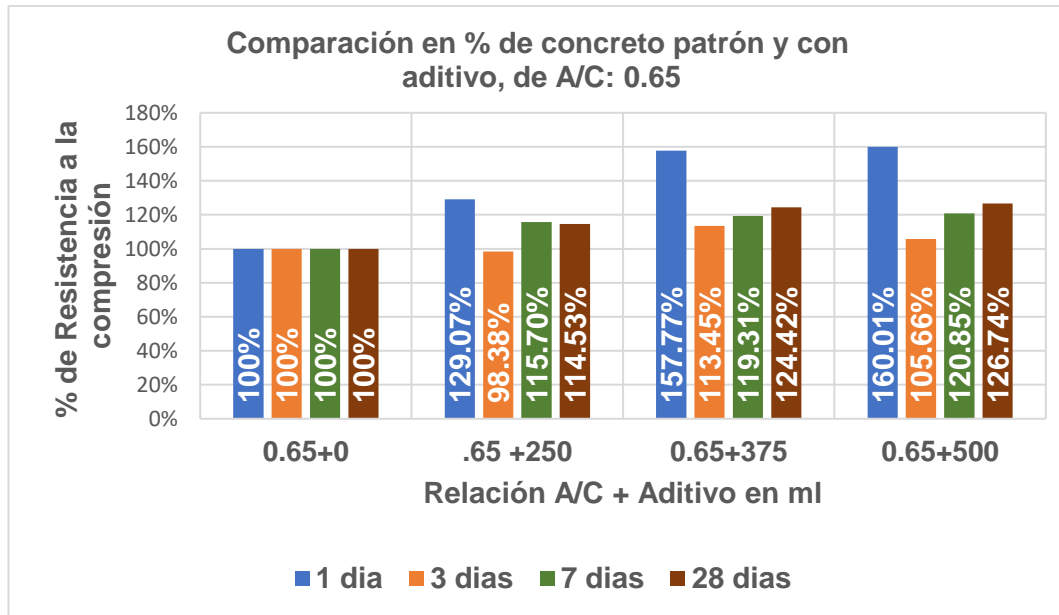
0.65+0	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.03	79.01	5,645	71.44	73.86
	10.05	79.33	5,744	72.41	
	10.02	78.85	6,129	77.73	
3 días	10.02	78.85	13,946	176.86	184.93
	10.01	78.70	15,207	193.23	
	10.01	78.70	14,535	184.70	
7 días	10.05	79.33	14,894	187.75	194.17
	10.03	79.01	15,320	193.89	
	10.05	79.33	15,933	200.85	
28 días	10.02	78.85	21,180	268.60	270.63
	10.03	79.01	21,398	270.82	
	10.03	79.01	21,152	267.71	
	10.03	79.01	21,362	270.36	
	10.03	79.01	22,267	281.82	
	10.01	78.70	20,550	261.13	
	10.06	79.49	20,675	260.11	
	10.06	79.49	20,450	257.28	
	10.05	79.33	19,680	248.09	
	10.03	79.01	19,655	248.76	
	10.04	79.17	22,782	287.76	
	10.03	79.01	22,644	286.59	
	10.01	78.70	22,650	287.81	
	10.05	79.33	23,154	291.88	
10.05	79.33	21,478	270.75		

0.65+250	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.06	79.49	7,512	94.51	95.33
	10.02	78.85	7,515	95.30	
	10.06	79.49	7,644	96.17	
3 días	10.03	79.01	16,036	202.96	181.93
	10.04	79.17	12,918	163.17	
	10.05	79.33	14,253	179.67	
7 días	10.03	79.01	17,259	218.44	224.65
	10.04	79.17	18,191	229.77	
	10.05	79.33	17,907	225.74	
28 días	10.02	78.85	26,300	333.53	309.95
	10.02	78.85	26,393	334.71	
	10.03	79.01	23,514	297.60	
	10.02	78.85	24,709	313.35	
	10.04	79.17	24,615	310.91	
	10.06	79.49	25,424	319.86	
	10.04	79.17	24,303	306.97	
	10.04	79.17	24,138	304.89	
	10.03	79.01	24,193	306.19	
	10.01	78.70	23,505	298.68	
	10.01	78.70	23,219	295.04	
	10.03	79.01	24,828	314.23	
	10.01	78.70	24,394	309.97	
	10.03	79.01	23,325	295.21	
10.05	79.33	24,438	308.07		

0.65+375	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.02	78.85	9,152	116.06	116.53
	10.03	79.01	9,641	122.02	
	10.02	78.85	8,793	111.51	
3 días	10.01	78.70	17,214	218.74	209.81
	10.02	78.85	16,307	206.80	
	10.02	78.85	16,079	203.91	
7 días	10.02	78.85	18,455	234.04	231.66
	10.02	78.85	17,773	225.39	
	10.06	79.49	18,723	235.55	
28 días	10.01	78.70	26,500	336.73	336.71
	10.05	79.33	27,297	344.11	
	10.04	79.17	25,599	323.34	
	10.01	78.70	25,531	324.42	
	10.02	78.85	27,197	344.90	
	10.04	79.17	26,379	333.20	
	10.04	79.17	27,059	341.79	
	10.01	78.70	27,143	344.90	
	10.01	78.70	27,481	349.20	
	10.04	79.17	25,725	324.94	
	10.03	79.01	27,280	345.26	
	10.03	79.01	26,790	339.06	
	10.04	79.17	26,188	330.78	
	10.05	79.33	26,524	334.36	
10.04	79.17	26,418	333.69		

0.65+500	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.02	78.85	9,293	117.85	118.18
	10.05	79.33	9,289	117.10	
	10.04	79.17	9,467	119.58	
3 días	10.02	78.85	14,908	189.06	195.40
	10.04	79.17	15,698	198.28	
	10.02	78.85	15,680	198.85	
7 días	10.05	79.33	18,690	235.61	234.66
	10.06	79.49	18,920	238.03	
	10.03	79.01	18,200	230.34	
28 días	10.07	79.64	26,590	333.86	343.00
	10.03	79.01	26,157	331.05	
	10.04	79.17	27,635	349.06	
	10.01	78.70	27,920	354.78	
	10.05	79.33	27,664	348.73	
	10.01	78.70	26,702	339.30	
	10.03	79.01	28,248	357.52	
	10.04	79.17	26,182	330.71	
	10.04	79.17	28,068	354.53	
	10.04	79.17	26,640	336.49	
	10.06	79.49	27,395	344.65	
	10.05	79.33	27,958	352.44	
	10.04	79.17	26,197	330.90	
10.02	78.85	28,118	356.58		
10.06	79.49	25,781	324.35		

Resistencia a la compresión kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
1 día	100%	129.07%	157.77%	160.01%
3 días	100%	98.38%	113.45%	105.66%
7 días	100%	115.70%	119.31%	120.85%
28 días	100%	114.53%	124.42%	126.74%



A/C: 0.70

Resistencia a la compresión kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
1 día	55.77	70.27	71.2	90.23
3 días	130.04	168.81	168.08	172.35
7 días	188.49	198.53	192.43	200.12
28 días	241.11	255.83	263.3	260.52

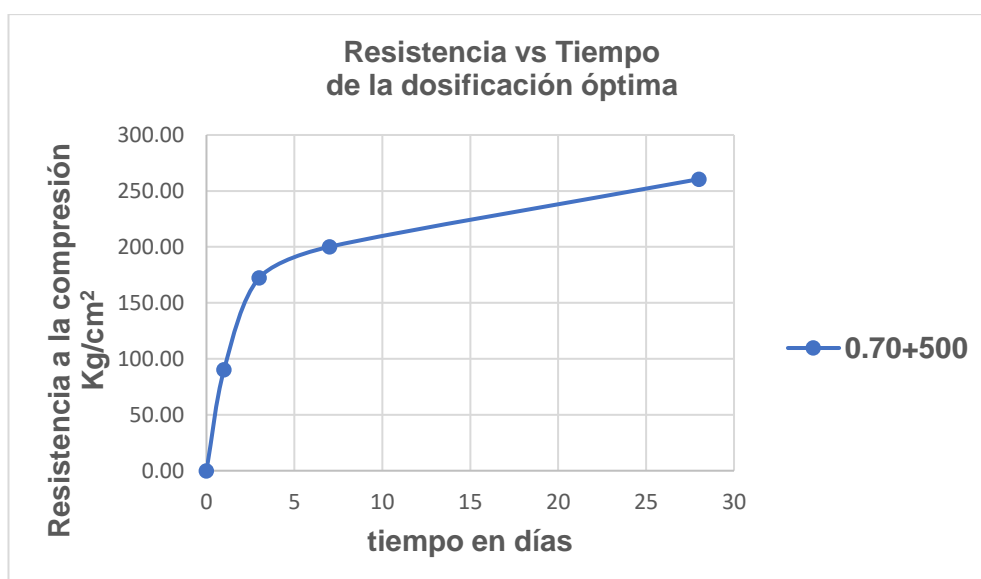
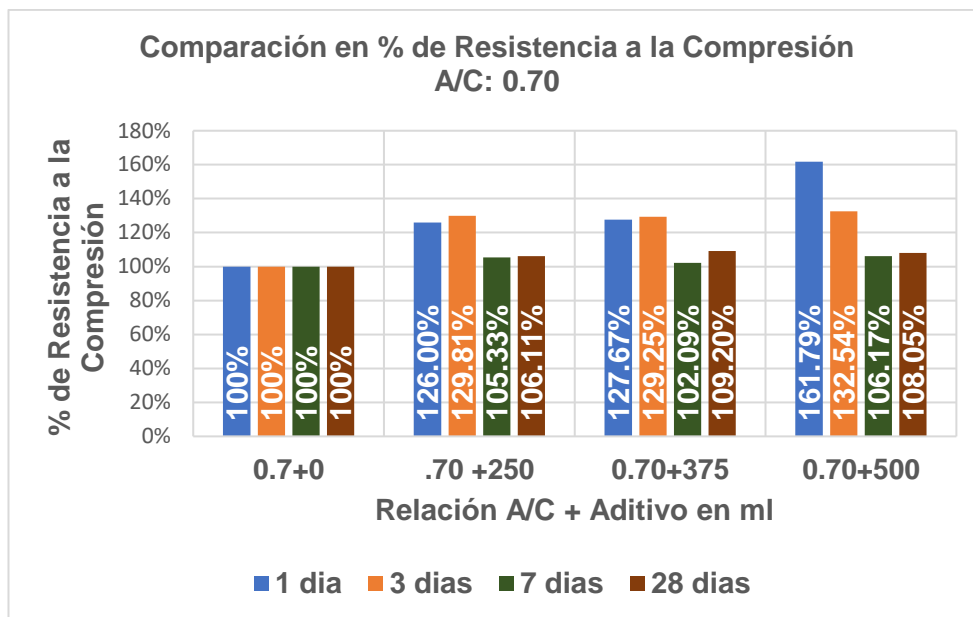
0.70+0	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.03	79.01	4,312	54.57	55.77
	10.07	79.64	4,699	59.00	
	10.08	79.80	4,289	53.75	
3 días	10.05	79.33	11,035	139.11	130.04
	10.06	79.49	9,833	123.71	
	10.01	78.70	10,018	127.30	
7 días	10.01	78.70	14,421	183.25	188.49
	10.03	79.01	15,350	194.27	
	10.03	79.01	14,850	187.95	
28 días	10.01	78.70	17,845	226.76	241.11
	10.09	79.96	18,474	231.04	
	10.01	78.70	19,993	254.05	
	10.01	78.70	19,152	243.36	
	10.03	79.01	18,333	232.03	
	10.01	78.70	17,633	224.06	
	10.03	79.01	18,933	239.62	
	10.02	78.85	19,603	248.60	
	10.03	79.01	19,380	245.28	
	10.04	79.17	19,929	251.73	
	10.05	79.33	19,810	249.72	
	10.03	79.01	18,940	239.71	
	10.05	79.33	18,700	235.73	
	10.04	79.17	19,545	246.88	
10.05	79.33	19,680	248.09		

0.70+250	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.02	78.85	5,796	73.50	70.27
	10.01	78.70	5,337	67.82	
	10.01	78.70	5,469	69.49	
3 días	10.03	79.01	13,140	166.30	168.81
	10.02	78.85	13,126	166.46	
	10.03	79.01	13,722	173.67	
7 días	10.02	78.85	15,685	198.91	198.53
	10.05	79.33	15,125	190.67	
	10.03	79.01	16,277	206.01	
28 días	10.04	79.17	20,414	257.85	255.83
	10.05	79.33	20,249	255.26	
	10.05	79.33	21,527	271.37	
	10.06	79.49	20,435	257.09	
	10.04	79.17	19,703	248.87	
	10.03	79.01	20,969	265.39	
	10.03	79.01	20,990	265.66	
	10.04	79.17	21,105	266.58	
	10.02	78.85	19,313	244.92	
	10.03	79.01	18,694	236.60	
	10.05	79.33	18,834	237.42	
	10.02	78.85	20,489	259.83	
	10.03	79.01	20,199	255.64	
	10.05	79.33	20,040	252.62	
	10.06	79.49	20,856	262.39	

0.70+375	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.01	78.70	5,506	69.96	71.20
	10.07	79.64	5,860	73.58	
	10.07	79.64	5,580	70.06	
3 días	10.03	79.01	13,250	167.70	168.08
	10.02	78.85	13,145	166.70	
	10.03	79.01	13,420	169.85	
7 días	10.04	79.17	14,330	181.00	192.43
	10.01	78.70	16,412	208.55	
	10.03	79.01	14,834	187.74	
28 días	10.02	78.85	19,381	245.78	263.30
	10.03	79.01	20,844	263.81	
	10.05	79.33	19,763	249.13	
	10.05	79.33	20,852	262.86	
	10.03	79.01	21,883	276.96	
	10.02	78.85	19,988	253.48	
	10.03	79.01	21,750	275.27	
	10.05	79.33	19,724	248.64	
	10.05	79.33	21,468	270.63	
	10.06	79.49	19,491	245.22	
	10.04	79.17	21,449	270.92	
	10.03	79.01	21,963	277.97	
	10.02	78.85	22,063	279.79	
	10.03	79.01	20,834	263.68	
10.02	78.85	20,930	265.43		

0.70+500	Diámetro cm	Área cm²	Carga kg	Compresión kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.03	79.01	6,271	79.37	90.23
	10.05	79.33	6,971	87.88	
	10.04	79.17	8,190	103.45	
3 días	10.07	79.64	13,650	171.39	172.35
	10.02	78.85	13,270	168.28	
	10.07	79.64	14,128	177.39	
7 días	10.05	79.33	16,037	202.16	200.12
	10.08	79.80	16,683	209.06	
	10.04	79.17	14,974	189.14	
28 días	10.01	78.70	20,842	264.84	260.52
	10.02	78.85	19,886	252.19	
	10.01	78.70	20,305	258.01	
	10.03	79.01	18,912	239.36	
	10.03	79.01	20,494	259.38	
	10.04	79.17	21,806	275.43	
	10.03	79.01	20,098	254.37	
	10.03	79.01	21,647	273.97	
	10.02	78.85	20,311	257.58	
	10.03	79.01	20,874	264.19	
	10.04	79.17	21,646	273.41	
	10.03	79.01	18,874	238.88	
	10.02	78.85	20,599	261.23	
	10.02	78.85	20,456	259.41	
10.02	78.85	21,726	275.52		

Resistencia a la compresión kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
1 día	100%	126.00%	127.67%	161.79%
3 días	100%	129.81%	129.25%	132.54%
7 días	100%	105.33%	102.09%	106.17%
28 días	100%	106.11%	109.20%	108.05%



E2.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

A/C: 0.60

Resistencia a la tracción Kg/cm ²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
1 día	14.22	16.87	15.95	17.88
3 días	25.67	26.23	24.81	26.85
7 días	27.98	28.46	30.31	31.47
28 días	32.66	33.16	31.87	33.1

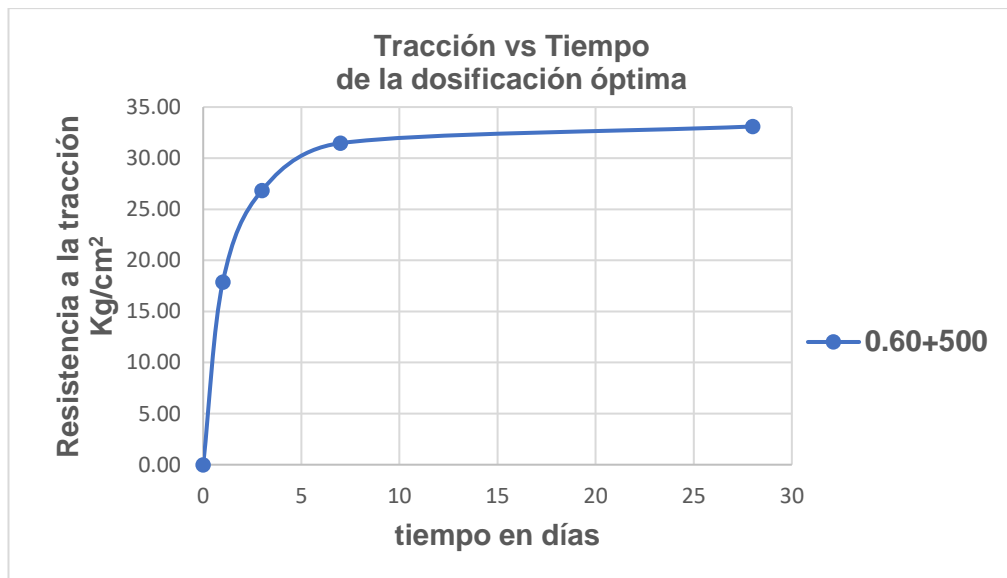
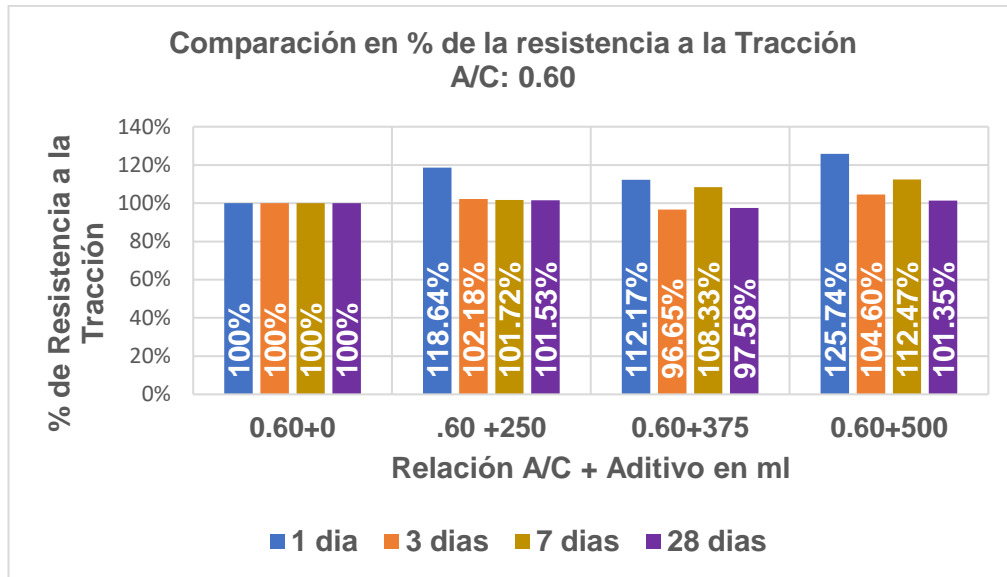
0.60+0	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm ²	Promedio kg/cm ²
1 días	10.04	20.45	5235	16.23	14.22
	10.06	20.65	5000	15.32	
	10.04	20.55	3600	11.11	
3 días	10.02	20.55	7505	23.20	25.67
	10.01	20.55	8940	27.67	
	10.04	20.5	8449	26.13	
7 días	10.02	20.45	9351	29.05	27.98
	10.04	20.65	8861	27.21	
	10.05	20.45	8940	27.69	
28 días	10.03	20.55	9907	30.60	32.66
	10.04	20.65	11490	35.28	
	10.06	20.45	12129	37.53	
	10.03	20.55	11495	35.50	
	10.04	20.55	11159	34.43	
	10.03	20.45	12928	40.13	
	10.05	20.65	9890	30.34	
	10.05	20.45	10230	31.69	
	10.04	20.55	9931	30.64	
	10.03	20.65	9482	29.14	
	10.02	20.55	10130	31.32	
	10.05	20.45	10051	31.13	
	10.03	20.55	9638	29.77	
	10.03	20.45	10248	31.81	
10.04	20.55	9908	30.57		

0.60+250	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 días	10.04	20.55	5385	16.62	16.87
	10.04	20.65	5689	17.47	
	10.03	20.45	5320	16.51	
3 días	10.02	20.45	8813	27.38	26.23
	10.01	20.45	8798	27.36	
	10.04	20.55	7757	23.93	
7 días	10.03	20.55	9146	28.25	28.46
	10.04	20.65	9368	28.77	
	10.03	20.45	9140	28.37	
28 días	10.01	20.5	8478	26.30	33.16
	10.03	20.55	11452	35.37	
	10.04	20.55	8036	24.80	
	10.02	20.65	11509	35.41	
	10.04	20.55	9157	28.25	
	10.05	20.5	10948	33.83	
	10.04	20.55	12449	38.41	
	10.04	20.55	9815	30.28	
	10.04	20.5	9650	29.85	
	10.03	20.55	10115	31.24	
	10.03	20.65	11812	36.31	
	10.04	20.55	11970	36.93	
	10.05	20.45	11924	36.94	
	10.05	20.55	11815	36.42	
10.03	20.45	11918	36.99		

0.60+375	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 días	10.04	20.45	4825	14.96	15.95
	10.03	20.55	5804	17.93	
	10.03	20.6	4859	14.97	
3 días	10.02	20.55	8130	25.14	24.81
	10.04	20.55	7624	23.52	
	10.07	20.45	8332	25.76	
7 días	10.06	20.55	10488	32.30	30.31
	10.05	20.55	9203	28.37	
	10.04	20.65	9860	30.28	
28 días	10.02	20.5	11258	34.89	31.87
	10.03	20.55	8049	24.86	
	10.03	20.55	9664	29.85	
	10.01	20.6	9200	28.40	
	10.04	20.55	10692	32.99	
	10.02	20.55	9986	30.87	
	10.04	20.5	9235	28.56	
	10.03	20.5	11180	34.62	
	10.03	20.65	9427	28.98	
	10.04	20.55	9716	29.98	
	10.04	20.5	11050	34.18	
	10.03	20.65	10580	32.52	
	10.02	20.55	11489	35.52	
	10.04	20.45	11925	36.98	
10.03	20.55	11287	34.86		

0.60+500	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.02	20.55	5622	17.38	17.88
	10.03	20.5	5464	16.92	
	10.04	20.45	6241	19.35	
3 días	10.03	20.55	8236	25.44	26.86
	10.05	20.45	9155	28.36	
	10.03	20.65	8715	26.79	
7 días	10.04	20.5	10018	30.99	31.47
	10.05	20.45	10399	32.21	
	10.04	20.55	10120	31.23	
28 días	10.04	20.5	10869	33.62	33.10
	10.03	20.45	10937	33.95	
	10.04	20.65	10228	31.41	
	10.03	20.55	11514	35.56	
	10.04	20.55	10478	32.33	
	10.02	20.55	10587	32.73	
	10.04	20.5	11837	36.61	
	10.03	20.7	9667	29.64	
	10.04	20.45	10878	33.73	
	10.04	20.5	9892	30.60	
	10.04	20.55	10650	32.86	
	10.03	20.45	10456	32.45	
	10.04	20.55	11258	34.74	
	10.03	20.5	10563	32.70	
	10.03	20.55	10879	33.60	

Resistencia a la tracción Kg/cm²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
1 día	100%	118.64%	112.17%	125.74%
3 días	100%	102.18%	96.65%	104.60%
7 días	100%	101.72%	108.33%	112.47%
28 días	100%	101.53%	97.58%	101.35%



A/C:0.65

Resistencia a la tracción kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
1 día	13.85	14.94	14.17	15.25
3 días	19.58	18.44	18.33	22.78
7 días	24.55	21.47	27.92	28.26
28 días	30.72	30.3	31.57	31.9

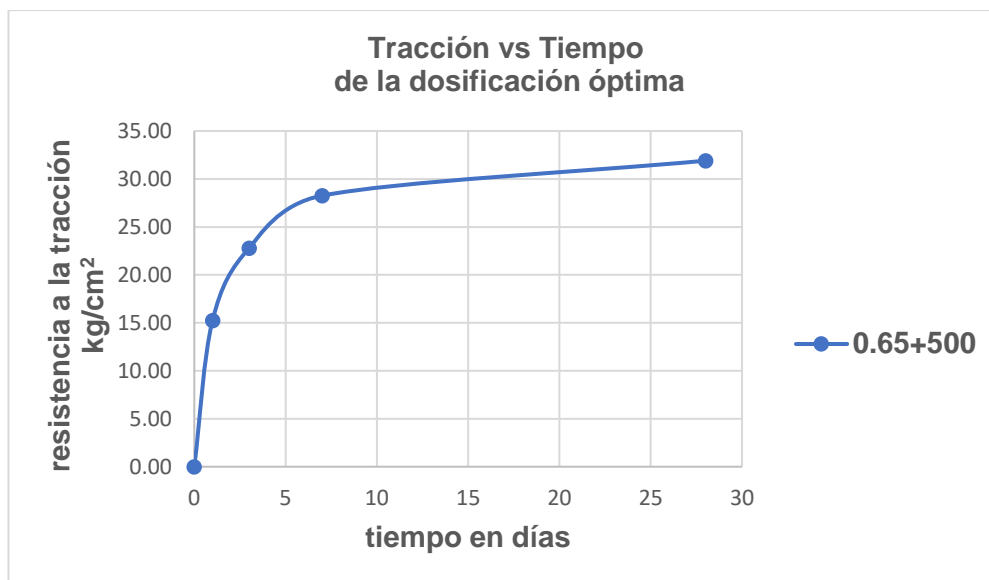
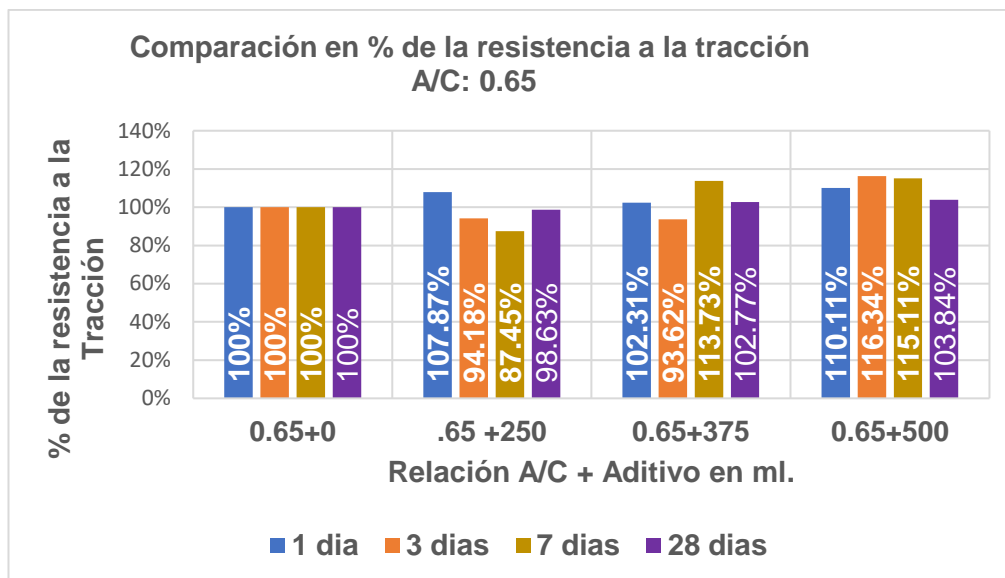
0.65+0	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.05	20.65	4516	13.85	13.85
	10.07	20.55	4882	15.02	
	10.01	20.55	4098	12.68	
3 días	10.03	20.55	6858	21.18	19.58
	10.04	20.65	5251	16.12	
	10.04	20.45	6912	21.43	
7 días	10.04	20.45	8261	25.61	24.55
	10.05	20.55	8511	26.24	
	10.04	20.5	7046	21.79	
28 días	10.04	20.55	10000	30.86	30.72
	10.03	20.45	9548	29.63	
	10.05	20.65	10611	32.55	
	10.03	20.5	9778	30.27	
	10.02	20.45	10126	31.46	
	10.02	20.55	8138	25.16	
	10.04	20.5	9106	28.17	
	10.05	20.65	10947	33.58	
	10.04	20.45	10860	33.67	
	10.03	20.55	9892	30.55	
	10.04	20.55	9245	28.53	
	10.03	20.45	10378	32.21	
	10.04	20.5	11233	34.74	
	10.03	20.55	9845	30.41	
10.02	20.45	9352	29.06		

0.65+250	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.03	20.45	5141	15.96	14.94
	10.04	20.65	4373	13.43	
	10.04	20.5	4994	15.45	
3 días	10.04	20.55	5491	16.94	18.44
	10.04	20.55	6446	19.89	
	10.03	20.45	5955	18.48	
7 días	10.04	20.55	5189	16.01	21.47
	10.03	20.65	8202	25.21	
	10.03	20.5	7487	23.18	
28 días	10.05	20.55	9260	28.54	30.30
	10.03	20.65	9471	29.11	
	10.05	20.45	10355	32.08	
	10.04	20.55	8896	27.45	
	10.02	20.45	9877	30.69	
	10.03	20.65	9212	28.31	
	10.04	20.55	9112	28.12	
	10.05	20.45	10860	33.64	
	10.03	20.45	9877	30.66	
	10.03	20.65	10478	32.21	
	10.05	20.55	10125	31.21	
	10.03	20.65	9578	29.44	
	10.02	20.5	10046	31.14	
	10.03	20.55	9845	30.41	
10.05	20.55	10245	31.58		

0.65+375	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.03	20.45	3968	12.32	14.67
	10.04	20.55	5137	15.85	
	10.04	20.5	5120	15.84	
3 días	10.03	20.55	6318	19.51	18.33
	10.04	20.65	6029	18.51	
	10.04	20.55	5501	16.97	
7 días	10.02	20.5	8911	27.62	27.92
	10.04	20.65	9221	28.31	
	10.04	20.55	9015	27.82	
28 días	10.05	20.55	10245	31.58	31.57
	10.03	20.65	9639	29.63	
	10.03	20.55	9152	28.27	
	10.04	20.55	9946	30.69	
	10.02	20.5	10325	32.00	
	10.03	20.65	9365	28.78	
	10.02	20.55	10985	33.96	
	10.05	20.45	10860	33.64	
	10.03	20.55	10746	33.19	
	10.04	20.65	10624	32.62	
	10.05	20.55	10245	31.58	
	10.04	20.45	9243	28.66	
	10.02	20.55	10534	32.57	
	10.03	20.45	11214	34.81	
10.04	20.55	10236	31.58		

0.65+500	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.02	20.5	4596	14.24	15.25
	10.03	20.45	4622	14.35	
	10.06	20.45	5543	17.15	
3 días	10.04	20.45	7370	22.85	22.78
	10.02	20.5	7349	22.78	
	10.02	20.65	7380	22.71	
7 días	10.04	20.55	9204	28.40	28.26
	10.06	20.55	9587	29.52	
	10.04	20.65	8745	26.85	
28 días	10.04	20.55	10764	33.21	31.90
	10.03	20.45	9875	30.65	
	10.02	20.55	9332	28.85	
	10.03	20.55	10454	32.29	
	10.02	20.45	10453	32.48	
	10.05	20.65	9562	29.33	
	10.02	20.65	10254	31.55	
	10.04	20.45	10706	33.20	
	10.03	20.55	10596	32.73	
	10.01	20.45	9972	31.01	
	10.05	20.55	9622	29.66	
	10.04	20.65	10925	33.55	
	10.05	20.5	9546	29.50	
	10.03	20.45	10862	33.71	
10.02	20.5	11862	36.76		

Resistencia a la tracción kg/cm²	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
1 día	100%	107.87%	102.31%	110.11%
3 días	100%	94.18%	93.62%	116.34%
7 días	100%	87.45%	113.73%	115.11%
28 días	100%	98.63%	102.77%	103.84%



A/C: 0.70

Resistencia a la tracción kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
1 día	10.8	13.58	12.78	13.22
3 días	18.09	23.47	21.75	23.82
7 días	24	27.88	27.6	27.61
28 días	29.68	30.45	30.67	30.64

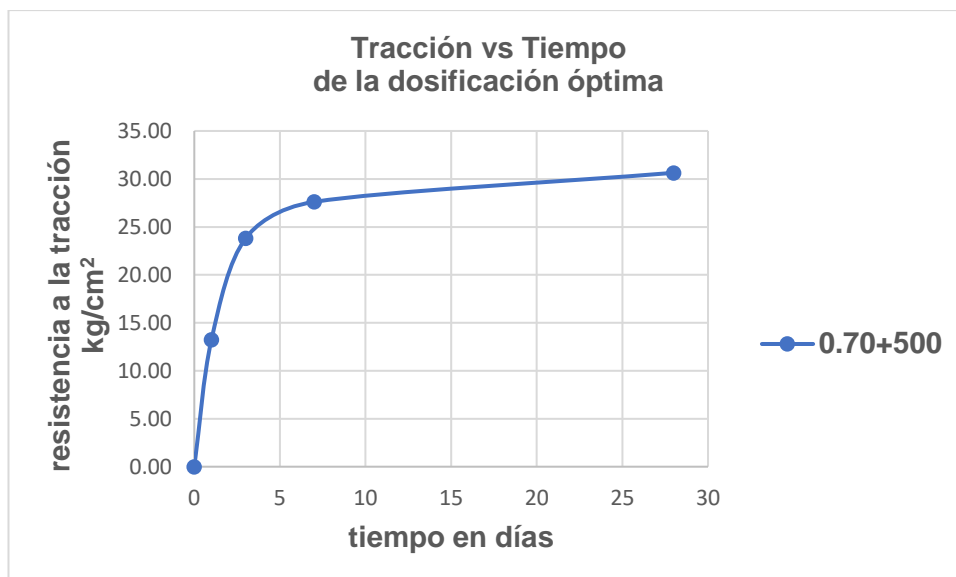
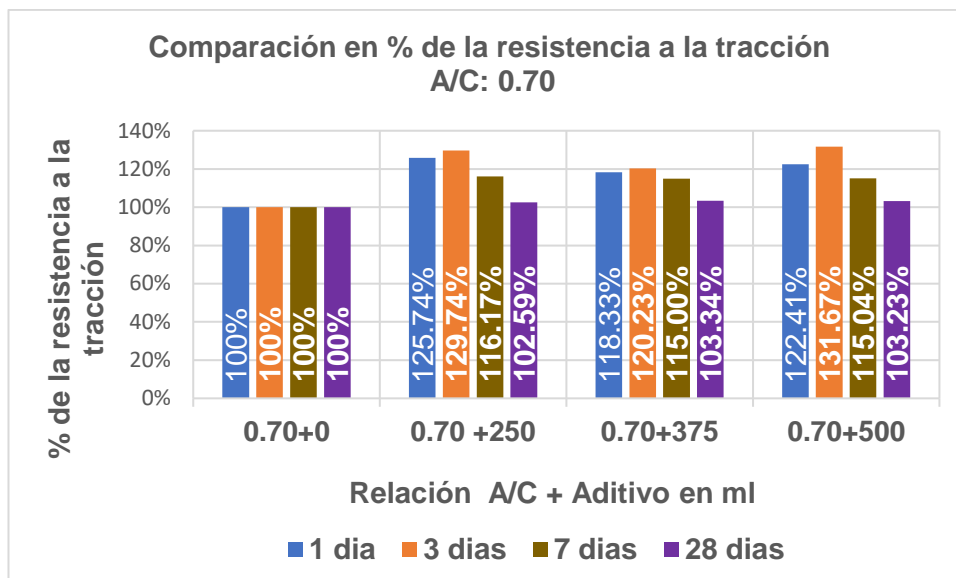
0.70+0	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.04	20.55	3563	10.99	10.80
	10.05	20.55	3246	10.01	
	10.04	20.55	3694	11.40	
3 días	10.03	20.55	6551	20.23	18.09
	10.04	20.45	4452	13.80	
	10.05	20.55	6566	20.24	
7 días	10.03	20.45	7592	23.56	24.00
	10.04	20.5	8284	25.62	
	10.05	20.65	7433	22.80	
28 días	10.02	20.45	10203	31.70	29.68
	10.03	20.5	8951	27.71	
	10.05	20.55	10364	31.95	
	10.03	20.45	9433	29.28	
	10.02	20.55	10441	32.28	
	10.05	20.65	10081	30.92	
	10.04	20.45	8944	27.73	
	10.04	20.5	9215	28.50	
	10.03	20.55	9352	28.88	
	10.03	20.45	9972	30.95	
	10.02	20.5	8897	27.57	
	10.04	20.65	9226	28.33	
	10.03	20.55	10135	31.30	
	10.03	20.45	9042	28.06	
10.05	20.55	9741	30.03		

0.70+250	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.03	20.45	5127	15.91	13.58
	10.03	20.65	4297	13.21	
	10.04	20.45	3744	11.61	
3 días	10.04	20.55	8187	25.26	23.47
	10.03	20.55	7728	23.87	
	10.02	20.65	6920	21.29	
7 días	10.03	20.55	8515	26.30	27.88
	10.06	20.55	8409	25.89	
	10.05	20.45	10149	31.44	
28 días	10.02	20.55	9570	29.59	30.45
	10.04	20.45	8900	27.60	
	10.05	20.55	9673	29.82	
	10.04	20.45	8209	25.45	
	10.02	20.5	8315	25.77	
	10.05	20.45	9976	30.90	
	10.03	20.45	10176	31.58	
	10.04	20.55	9299	28.69	
	10.05	20.65	10345	31.73	
	10.03	20.45	10125	31.43	
	10.05	20.65	10158	31.16	
	10.04	20.55	10457	32.27	
	10.04	20.45	10867	33.69	
	10.03	20.55	10845	33.50	
10.01	20.45	10783	33.53		

0.70+375	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.04	20.5	4207	13.01	12.78
	10.04	20.55	4265	13.16	
	10.05	20.55	3947	12.17	
3 días	10.04	20.55	7335	22.63	21.75
	10.05	20.55	7694	23.72	
	10.04	20.65	6158	18.91	
7 días	10.03	20.45	8406	26.09	27.60
	10.04	20.5	8368	25.88	
	10.03	20.55	9978	30.82	
28 días	10.04	20.5	10889	33.68	30.67
	10.04	20.55	11608	35.82	
	10.06	20.45	10019	31.00	
	10.01	20.45	10220	31.78	
	10.03	20.55	10362	32.00	
	10.05	20.45	9478	29.36	
	10.05	20.65	9393	28.81	
	10.04	20.55	10144	31.30	
	10.02	20.45	9251	28.74	
	10.03	20.55	9351	28.88	
	10.05	20.45	9487	29.39	
	10.03	20.65	9462	29.08	
	10.04	20.55	9356	28.87	
	10.05	20.45	9845	30.50	
10.03	20.55	9982	30.83		

0.70+500	Diámetro cm	Altura cm	Carga kg	Tracción kg/cm²	Promedio kg/cm²
1 día	10.04	20.5	3418	10.57	13.22
	10.05	20.55	4769	14.70	
	10.05	20.55	4667	14.39	
3 días	10.03	20.45	7547	23.42	23.82
	10.03	20.6	7451	22.96	
	10.04	20.55	8124	25.07	
7 días	10.03	20.45	8958	27.80	27.61
	10.04	20.65	8841	27.15	
	10.03	20.6	9047	27.88	
28 días	10.03	20.45	10889	33.80	30.64
	10.04	20.55	11608	35.82	
	10.05	20.65	10019	30.73	
	10.04	20.5	10220	31.61	
	10.03	20.55	10362	32.00	
	10.05	20.65	9478	29.07	
	10.03	20.45	9393	29.15	
	10.04	20.55	10144	31.30	
	10.03	20.65	9251	28.43	
	10.05	20.55	9351	28.82	
	10.01	20.55	9487	29.36	
	10.03	20.5	9462	29.30	
	10.04	20.55	9356	28.87	
	10.04	20.55	9845	30.38	
10.05	20.45	9982	30.92		

Resistencia a la tracción kg/cm²	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
1 día	100%	125.74%	118.33%	122.41%
3 días	100%	129.74%	120.23%	131.67%
7 días	100%	116.17%	115.00%	115.04%
28 días	100%	102.59%	103.34%	103.23%



E3.- MÓDULO ELÁSTICO

A/C: 0.60

Módulo Elástico kg/cm ²	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
28 días	195,675.33	211,667.71	205,052.72	211,982.82

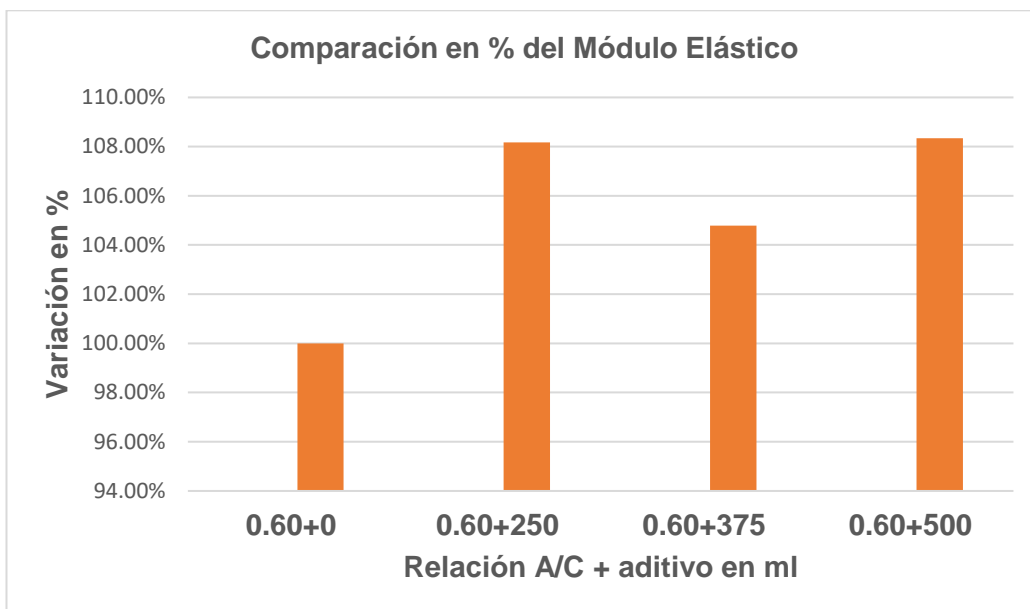
ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.60 + 0 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	lectura 1 x10 ⁻⁴ (-4) cm	lectura 2 x10 ⁻⁴ (-4) cm	lectura 3 x10 ⁻⁴ (-4) cm	lectura Promedio x10 ⁻⁴ (-4) cm	Deformación Unitaria x10 ⁻⁵ (-5) cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.59	18	18	19	18.33	6.07
6000	33.17	42	42	43	42.33	14.02
9000	49.76	66	66	67	66.33	21.96
12000	66.35	94	93	94	93.67	31.02
15000	82.94	119	121	119	119.67	39.62
18000	99.52	144	147	144	145.00	48.01
21000	116.11	169	176	172	172.33	57.06
Edad probeta	28 días				E=(S2-S1) / (e2-e1)	
					S2 114.36 kg/cm ²	
Diámetro probeta	15.175 cm				S1 14.35 kg/cm ²	
Área probeta	180.86 cm ²				e2 0.00056 cm/cm	
Carga Máxima	51707.87 kg				e1 0.00005 cm/cm	
Esfuerzo Rotura	285.90 kg/cm²				E = 195,675.33 kg/cm²	

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.60 +250 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	lectura x10⁻⁴ (-4) cm	lectura x10⁻⁴ (-4) cm	lectura x10⁻⁴ (-4) cm	lectura Promedio x10⁻⁴ (-4) cm	Deformación Unitaria x10⁻⁵ (-5) cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.40	18	18	19	18.33	6.07
6000	32.81	39	40	39	39.33	13.02
9000	49.21	60	62	61	61.00	20.20
12000	65.61	81	83	81	81.67	27.04
15000	82.01	103	105	103	103.67	34.33
18000	98.42	129	126	125	126.67	41.94
21000	114.82	151	151	150	150.67	49.89
24000	131.22	177	173	175	175.00	57.95
27000	147.63	210	205	208	207.67	68.76
Edad probeta	28 días	$E = (S2 - S1) / (e2 - e1)$				
				S2	143.08 kg/cm ²	
Diámetro probeta	15.26 cm			S1	14.46 kg/cm ²	
Área probeta	182.89 cm ²			e2	0.00066 cm/cm	
Carga Máxima	65419.75 kg			e1	0.00005 cm/cm	
Esfuerzo Rotura	357.69 kg/cm²			E =	211,667.71 kg/cm²	

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO						
a/c = 0.60 +375 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	lectura x10⁻⁴ cm	lectura x10⁻⁴ cm	lectura x10⁻⁴ cm	lectura Promedio x10⁻⁴ cm	Deformación Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.32	18	19	19	18.67	6.18
6000	32.63	41	40	41	40.67	13.47
9000	48.95	63	62	64	63.00	20.86
12000	65.27	86	86	87	86.33	28.59
15000	81.59	112	111	113	112.00	37.09
18000	97.90	138	136	137	137.00	45.36
21000	114.22	164	165	165	164.67	54.53
24000	130.54	191	185	190	188.67	62.47
27000	146.86	209	210	208	209.00	69.21
Edad probeta	28 días	$E = (S_2 - S_1) / (e_2 - e_1)$				
				S2	138.76 kg/cm ²	
Diámetro probeta	15.3 cm			S1	13.95 kg/cm ²	
Área probeta	183.85 cm ²			e2	0.00066 cm/cm	
Carga Máxima	63779.4 kg			e1	0.00005 cm/cm	
Esfuerzo Rotura	346.90 kg/cm²	E = 205,052.72 kg/cm²				

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.60 +500 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	lectura x10 ⁴ (-4) cm	lectura x10 ⁴ (-4) cm	lectura x10 ⁴ (-4) cm	lectura Promedio x10 ⁴ (-4) cm	Deformación Unitaria x10 ⁵ (-5) cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.42	18	19	18	18.33	6.07
6000	32.85	42	44	41	42.33	14.02
9000	49.27	63	64	64	63.67	21.08
12000	65.70	87	91	87	88.33	29.25
15000	82.12	111	116	113	113.33	37.53
18000	98.55	136	142	137	138.33	45.81
21000	114.97	165	165	169	166.33	55.08
24000	131.40	190	191	192	191.00	63.25
27000	147.82	207	207	208	207.33	68.65
Edad probeta	28 días	$E=(S2-S1)/(e2-e1)$				
				S2	144.50 kg/cm ²	
Diámetro probeta	15.25 cm			S1	11.88 kg/cm ²	
Área probeta	182.65 cm ²			e2	0.00068 cm/cm	
Carga Máxima	65982.31 kg			e1	0.00005 cm/cm	
Esfuerzo Rotura	361.24 kg/cm²	E= 211,982.82 kg/cm²				

Módulo Elástico %	0.60+0	0.60+250	0.60+375	0.60+500
28 días	100%	108.17%	104.79%	108.33%



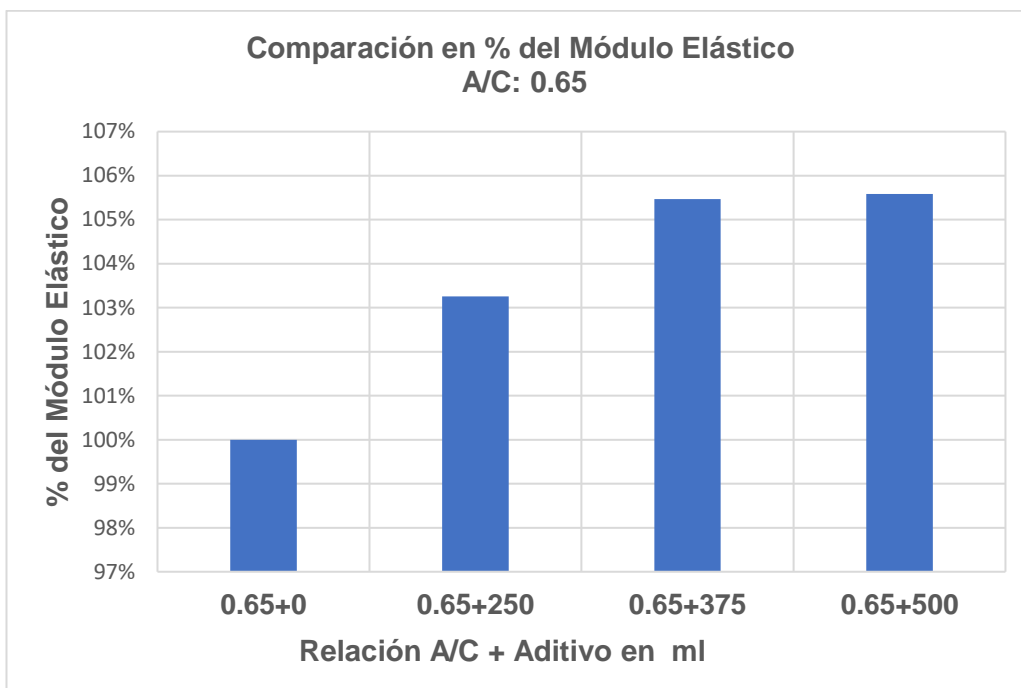
ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.65 +250 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	lectura x10⁻⁴ cm	lectura x10⁻⁴ cm	lectura x10⁻⁴ cm	lectura Promedio x10⁻⁴ cm	Deformación Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.62	20	21	20	20.33	6.73
6000	33.24	41	42	41	41.33	13.69
9000	49.86	65	67	65	65.67	21.74
12000	66.48	95	92	95	94.00	31.13
15000	83.10	119	116	119	118.00	39.07
18000	99.72	143	142	143	142.67	47.24
21000	116.34	167	166	167	166.67	55.19
24000	132.96	194	193	194	193.67	64.13
 Edad probeta 28 días $E=(S2-S1) / (e2-e1)$						
Diámetro probeta 15.16 cm S2 123.98 kg/cm ²						
Área probeta 180.51 cm ² S1 15.32 kg/cm ²						
Carga Máxima 55949.74 kg e2 0.00059 cm/cm						
Carga Máxima 55949.74 kg e1 0.00005 cm/cm						
Esfuerzo Rotura 309.96 kg/cm² E 200,115.58 kg/cm²						

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO						
a/c = 0.65 +375 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	lectura 1 x10⁻⁴ cm	lectura 2 x10⁻⁴ cm	lectura 3 x10⁻⁴ cm	lectura Promedio x10⁻⁴ cm	Deformación Unitaria x10⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.58	22	22	21	21.67	7.17
6000	33.15	42	44	45	43.67	14.46
9000	49.73	68	68	67	67.67	22.41
12000	66.31	91	91	92	91.33	30.24
15000	82.88	111	116	113	113.33	37.53
18000	99.46	137	135	137	136.33	45.14
21000	116.03	163	158	163	161.33	53.42
24000	132.61	190	194	193	192.33	63.69
27000	149.19	208	207	208	207.67	68.76

Edad probeta	28 días	E=(S2-S1) / (e2-e1)
		S2 134.68 kg/cm ²
Diámetro probeta	15.18 cm	S1 13.42 kg/cm ²
Área probeta	180.98 cm ²	e2 0.00064 cm/cm
Carga Máxima	60935.26 kg	e1 0.00005 cm/cm
Esfuerzo Rotura	336.69 kg/cm²	E 204,409.53 kg/cm²

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.65 +500 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm²)	lectura 1 x10⁷(-4) cm	lectura 2 x10⁷(-4) cm	lectura 3 x10⁷(-4) cm	lectura Promedio x10⁷(-4) cm	Deformación Unitaria x10⁷(-5) cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.62	22	22	23	22.33	7.40
6000	33.24	45	44	45	44.67	14.79
9000	49.86	71	71	72	71.33	23.62
12000	66.48	87	89	88	88.00	29.14
15000	83.10	111	114	115	113.33	37.53
18000	99.72	137	135	137	136.33	45.14
21000	116.34	163	161	163	162.33	53.75
24000	132.96	190	192	193	191.67	63.47
27000	149.58	208	208	207	207.67	68.76
Edad probeta 28 días $E=(S_2-S_1) / (e_2-e_1)$						
S2 137.24 kg/cm ²						
Diámetro probeta 15.16 cm S1 14.81 kg/cm ²						
Área probeta 180.51 cm ² e2 0.00065 cm/cm						
Carga Máxima 61932.98 kg e1 0.00005 cm/cm						
Esfuerzo Rotura 343.11 kg/cm² E 204,627.49 kg/cm²						

Módulo Elástico %	0.65+0	0.65+250	0.65+375	0.65+500
28 días	100%	103.25%	105.47%	105.58%



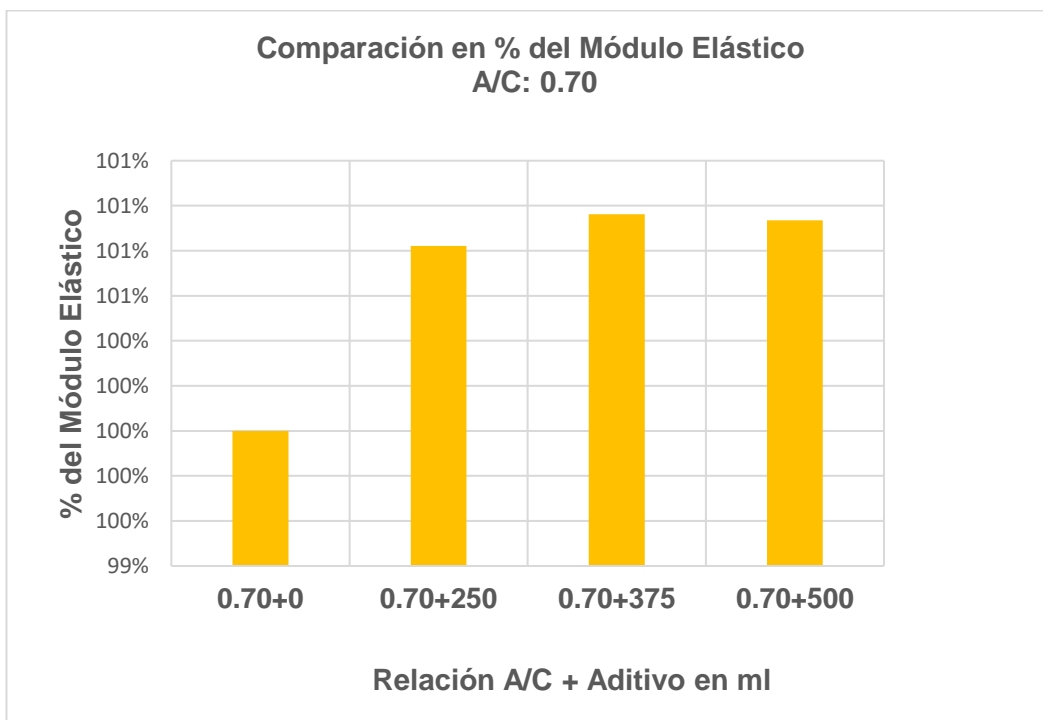
ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.70 + 250ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	lectura 1 x10 ⁻⁴ cm	lectura 2 x10 ⁻⁴ cm	lectura 3 x10 ⁻⁴ cm	lectura Promedio x10 ⁻⁴ cm	Deformación Unitaria x10 ⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.45	21	23	22	22.00	7.28
6000	32.89	48	49	49	48.67	16.11
9000	49.34	75	79	75	76.33	25.28
12000	65.78	99	102	98	99.67	33.00
15000	82.23	120	125	126	123.67	40.95
18000	98.68	145	147	147	146.33	48.45
21000	115.12	190	191	191	190.67	63.13

Edad probeta	28 días	$E = (S_2 - S_1) / (e_2 - e_1)$
		S2 102.32 kg/cm ²
Diámetro probeta	15.24 cm	S1 12.19 kg/cm ²
Área probeta	182.42 cm ²	e2 0.00052 cm/cm
Carga Máxima	46663.04 kg	e1 0.00005 cm/cm
Esfuerzo Rotura	255.81 kg/cm²	E 192961.75 kg/cm²

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.70 + 375 ml																																																
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	lectura 1 x10 ⁷ (-4) cm	lectura 2 x10 ⁷ (- 4) cm	lectura 3 x10 ⁷ (- 4) cm	lectura Promedio x10 ⁷ (-4) cm	Deformación Unitaria x10 ⁷ (-5) cm/cm																																										
0	0	0	0	0	0.00	0																																										
3000	16.53	23	23	24	23.33	7.73																																										
6000	33.07	48	49	51	49.33	16.34																																										
9000	49.60	75	76	75	75.33	24.94																																										
12000	66.13	99	99	98	98.67	32.67																																										
15000	82.66	128	125	126	126.33	41.83																																										
18000	99.20	150	147	147	148.00	49.01																																										
21000	115.73	185	186	187	186.00	61.59																																										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>Edad probeta</td> <td>28 días</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: right;">$E = (S2 - S1) / (e2 - e1)$</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>S2</td> <td>105.28</td> <td>kg/cm²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro probeta</td> <td>15.2 cm</td> <td></td> <td>S1</td> <td>11.30</td> <td>kg/cm²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Área probeta</td> <td>181.46 cm²</td> <td></td> <td>e2</td> <td>0.00054</td> <td>cm/cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga Máxima</td> <td>47760.27 kg</td> <td></td> <td>e1</td> <td>0.00005</td> <td>cm/cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo Rotura</td> <td>263.20</td> <td>kg/cm²</td> <td>E</td> <td>193232.13</td> <td>kg/cm²</td> <td></td> </tr> </table>							Edad probeta	28 días		$E = (S2 - S1) / (e2 - e1)$							S2	105.28	kg/cm ²		Diámetro probeta	15.2 cm		S1	11.30	kg/cm ²		Área probeta	181.46 cm ²		e2	0.00054	cm/cm		Carga Máxima	47760.27 kg		e1	0.00005	cm/cm		Esfuerzo Rotura	263.20	kg/cm²	E	193232.13	kg/cm²	
Edad probeta	28 días		$E = (S2 - S1) / (e2 - e1)$																																													
			S2	105.28	kg/cm ²																																											
Diámetro probeta	15.2 cm		S1	11.30	kg/cm ²																																											
Área probeta	181.46 cm ²		e2	0.00054	cm/cm																																											
Carga Máxima	47760.27 kg		e1	0.00005	cm/cm																																											
Esfuerzo Rotura	263.20	kg/cm²	E	193232.13	kg/cm²																																											

ENSAYO DEL MÓDULO ELÁSTICO a/c = 0.70 + 500 ml						
Carga (Kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	lectura 1 x10 ⁻⁴ cm	lectura 2 x10 ⁻⁴ cm	lectura 3 x10 ⁻⁴ cm	lectura Promedio x10 ⁻⁴ cm	Deformación Unitaria x10 ⁻⁵ cm/cm
0	0	0	0	0	0.00	0
3000	16.40	22	25	24	23.67	7.84
6000	32.81	48	46	51	48.33	16.00
9000	49.21	75	76	75	75.33	24.94
12000	65.61	99	99	105	101.00	33.44
15000	82.01	128	136	135	133.00	44.04
18000	98.42	150	151	150	150.33	49.78
21000	114.82	181	181	182	181.33	60.04
 Edad probeta 28 días $E=(S2-S1) / (e2-e1)$ Diámetro probeta 15.26 cm S2 104.20 kg/cm ² Área probeta 182.89 cm ² S1 10.71 kg/cm ² Carga Máxima 47642.85 kg e2 0.00053 cm/cm Esfuerzo Rotura 260.49 kg/cm² e1 0.00005 cm/cm E 193178.39 kg/cm²						


Módulo Elástico %	0.70+0	0.70+250	0.70+375	0.70+500
28 días	100%	100.82%	100.96%	100.93%



F.- FICHA TÉCNICA DE MATERIALES

F1.- FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO ANDINO TIPO I

CEMENTO ANDINO PREMIUM



FICHA TÉCNICA /

CEMENTO ANDINO PREMIUM

DESCRIPCIÓN:

- Es un cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda clinker Tipo I y yeso.

BENEFICIOS:

- Alta resistencia a mediano y largo plazo.
- Alta durabilidad de las estructuras.
- Excelente trabajabilidad y acabado.
- Bajo contenido de álcalis. Buena resistencia a los agregados alcalí reactivos.
- Moderada resistencia al salitre.

USOS:


- Estructuras sólidas de acabados perfectos.
- Construcciones de gran envergadura, como puentes, estructuras industriales y conjuntos habitacionales.
- Postes, vigas, viguetas y shotcrete.

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: 03 pliegos (02 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:

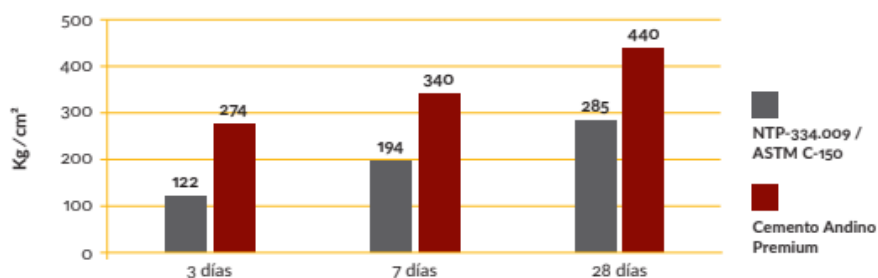
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

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.

REQUISITOS MECÁNICOS /

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO ANDINO PREMIUM



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS /

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	373	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.15	No específica
Resistencia a la compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	274	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	340	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	440	Mínimo 285*
Tiempo de fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	105	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	282	Máximo 375
Composición química			
MgO	%	1.80	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.67	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5
Fases mineralógicas			
C ₂ S	%	17.86	No específica
C ₃ S	%	54.88	No específica
C ₃ A	%	7.01	No específica
C ₄ AF	%	10.37	No específica
Álcalis equivalentes			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Máximo 0.60*
Resistencia a los sulfatos			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días

*Requisito opcional

F2.- FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO ACELERANTE CHEMA ESTRUCT



Hoja Técnica
CHEMA ESTRUCT
Aditivo acelerante de fragua para concreto armado
Sin cloruros.
VERSION: 01
FECHA: 05/09/2017

DESCRIPCIÓN **CHEMA ESTRUCT** es un aditivo acelerante de fragua para concreto armado, efectivo para disminuir el tiempo de fraguado y ganar resistencias tempranas del concreto. Es ideal para uso con cementos Portland tipo I y tipo V, puzolánicos, etc.
Además, actúa como un anticongelante e inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Producto libre de cloruros. Cumple con la norma ASTM C-494 tipo C.

VENTAJAS

- Acelera las resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera.
- Permite una rápida puesta en servicio.
- Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos sufran daños debido a los ciclos hielo-deshielo.
- Actúa como inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo, ideal para concreto armado.
- Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
- Es compatible con los aditivos plastificantes de la marca CHEMA.

USOS

- Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado. A 3 días se puede obtener lo que normalmente se gana en 7 días sin el uso de CHEMA ESTRUCT.
- En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; evitará el congelamiento del concreto y fraguará en la mitad del tiempo.
- En terrenos con nivel freático superficial.
- Para elementos de concreto pre fabricados.
- Para morteros de inyección.
- Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
- Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales, para vaciados de concreto estructural y convencional y vaciados donde se requiere una rápida puesta en servicio.

DATOS TÉCNICOS

- Aspecto : Líquido.
- Color : Amarillento.
- Olor : Inodoro.
- Densidad : 1.30 – 1.34kg/L.
- pH : 9.0 – 11.0
- VOC : 0 g/L

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

Se recomienda realizar pruebas a pequeña escala para determinar la dosis exacta para el uso en particular. La dosis varía por influencia de los componentes del cemento, el diseño y las condiciones ambientales de la zona.
Mezclar el **CHEMA ESTRUCT** en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. Por ningún motivo añada sobre la mezcla seca
Se recomienda realizar ensayos previos si se realizan combinaciones de varios de nuestros productos.

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 2



Hoja Técnica
CHEMA ESTRUCT
Aditivo acelerante de fragua para concreto armado
Sin cloruros.
VERSION: 01
FECHA: 05/09/2017

Curar bien los elementos sobre todo desde el primer día hasta el 7^{mo} día. Mejor si se usa curador de membrana CHEMA, el cual se aplica en cuanto haya desaparecido la exudación

RENDIMIENTO Utilizar según su necesidad, una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y tiempos requeridos:

- REDUCIDA: 250 ml x bolsa de cemento.
- NORMAL: 375 ml x bolsa de cemento.
- SUPERIOR: 500 ml x bolsa de cemento.

La dosis como porcentaje es 0.6 % a 2% del peso del cemento.

PRESENTACIÓN

- Envases de 1 gal.
- Envases de 5 gal.
- Envases de 55 gal.

TIEMPO DE 24 meses almacenados en su envase original, sellado, bajo techo.

ALMACENAMIENTO

PRECAUCIONES Y En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/ 999012933).

RECOMENDACIONES Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No comer ni beber mientras manipula el producto. Utilizar guantes, máscara para vapores, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.

“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 0 para todos los fines”

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 2 de 2

G.- FOTOS



Ensayo de peso específico



Ensayo de peso específico



Peso unitario compactado del agregado global



Horno para el secado de los materiales



Pesado de los materiales



Trompito para el mezclado de los materiales



Preparado de las probetas



Mezcla preparada



Llenado de las probetas



Retiro del molde



Curado de las probetas



Ensayo de asentamiento



Ensayo de peso unitario



Ensayo de contenido de aire



Ensayo de tiempo de fraguado



Ensayo de resistencia a la compresión



Ensayo de resistencia a la compresión



Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral



Ensayo de Módulo Elástico



Ensayo de Módulo Elástico