

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



**TESIS**

**“ESTUDIO DEL CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND  
TIPO I DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA UTILIZANDO  
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE REDUCTOR DE AGUA”**

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

**ELABORADO POR**

**HÉCTOR EDUARDO MAYHUAY TARAZONA**

**ASESOR**

**Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN**

**Lima - Perú**

**2021**

© 2021, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

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

Mayhuay Tarazona, Héctor Eduardo

[hector.civil.92@gmail.com](mailto:hector.civil.92@gmail.com)

972831271 – 2875648

## *DEDICATORIA*

*A mi madre doña Claudia Tarazona Gamarra y mi padre Héctor Mayhuay Celmi, con dedicación y valores de padres luchadores, inspiraron en seguir adelante para lograr mis metas para construir un mejor país de grandes riquezas.*

*A mis hermanos, por la confianza y paciencia desde siempre en este largo camino de la ingeniería.*

*A mi hijo Christopher, con su presencia fue motor e impulso para consolidar proyectos con gran ejemplo. A su mama Julissa por traerlo a la vida.*

*A mi país Perú en este significativo año del Bicentenario de su independencia*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por guiarme por el camino en esta vida sagrada, noble y competitiva.*

*A la Universidad Nacional de Ingeniería por su vigente presencia en estos 145 años de existencia contribuyendo en la formación de profesionales al servicio del país.*

*Al Ing. Rafael Cachay Huamán, mi asesor, quien con sus consejos y orientaciones me ayudaron a consolidar con esta Tesis.*

*A mis compañeros y amigos de la Universidad que siempre contagiaron para no perder la motivación y exigencia para sacar adelante la Tesis.*

*A los ingenieros y colaboradores del LEM, a la compañía BASF por la donación de los aditivos, que de manera desinteresada colaboraron para realizar los ensayos de esta Tesis.*

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
1.1 GENERALIDADES.....	17
1.2 PROBLEMÁTICA .....	18
1.3 OBJETIVOS .....	19
1.3.1 Objetivo principal.....	19
1.3.2 Objetivos específicos .....	19
1.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	19
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	<b>20</b>
2.1 CONCRETO.....	20
2.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO .....	20
2.2.1 Trabajabilidad .....	20
2.2.1.1 <i>Definición</i> .....	20
2.2.1.2 <i>Consideraciones</i> .....	20
2.2.2 Consistencia .....	20
2.2.2.1 <i>Definición</i> .....	20
2.2.2.2 <i>Clasificación</i> .....	20
2.2.3 Resistencia .....	21
2.2.3.1 <i>Definición</i> .....	21
2.2.3.2 <i>Consideraciones</i> .....	21
2.2.4 Durabilidad.....	21

2.2.4.1	<i>Definición</i> .....	21
2.2.4.2	<i>Consideraciones</i> .....	22
2.3	COMPONENTES DE CONCRETO .....	22
2.3.1	Cemento Portland.....	22
2.3.2	Cemento usado en la tesis (Portland tipo I – Sol) .....	22
2.3.3	Agregados .....	23
2.3.3.1	<i>Agregado grueso:</i> .....	23
2.3.3.2	<i>Agregado fino</i> .....	23
2.3.3.3	<i>Agregado global</i> .....	24
2.3.4	Propiedades y característicasde los agregados.....	24
2.3.4.1	<i>Granulometría</i> .....	24
2.3.4.2	<i>Tamaño máximo</i> .....	266
2.3.4.3	<i>Tamaño máximo nominal</i> .....	266
2.3.4.4	<i>Módulo de Fineza</i> .....	266
2.3.4.5	<i>Peso unitario</i> .....	266
2.3.4.6	<i>Peso unitario suelto (PUS)</i> .....	277
2.3.4.7	<i>Peso unitario compactado (PUC)</i> .....	277
2.3.4.8	<i>Peso específico</i> .....	277
2.3.4.9	<i>Porcentaje de absorción</i> .....	277
2.3.4.10	<i>Contenido de humedad</i> .....	28
2.3.4.11	<i>Material más fino que pasa la malla 200</i> .....	28
2.3.5	Agua.....	28
2.3.6	Aditivo .....	29
2.3.7	Aditivo superplastificante.....	29
2.3.8	Aditivo Master Ease 3900 (ficha técnica) .....	30
2.3.8.1	<i>Campo de aplicación</i> .....	30
2.3.8.2	<i>Propiedades</i> .....	30
2.3.8.3	<i>Dosificación</i> .....	31

<b>CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>	<b>32</b>
3.1 GENERALIDADES .....	32
3.2 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	32
3.2.1 Propiedades físicas del agregado fino y grueso.....	32
3.2.2 Granulometría del agregado fino .....	32
3.2.3 Granulometría del agregado grueso .....	33
3.3 ENSAYO DE MAXIMA COMPACTACION DEL AGREGADO GLOBAL	34
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONCRETO FRESCO</b>	<b>37</b>
4.1 GENERALIDADES .....	37
4.2 MÉTODOS DE DISEÑO .....	37
4.2.1 Método del comité ACI: .....	37
4.2.2 Método por la relación agua/cemento.....	37
4.2.3 Método del módulo de finura de la combinación de agregados.....	37
4.3 ESTUDIO TEÓRICO DEL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL.....	39
4.3.1 Introducción .....	39
4.3.2 Descripción del método.....	40
4.4 SECUENCIA DE LA METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE LA MEZCLA.	41
4.5 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.....	41
4.5.1 Cálculo de la cantidad de agua.....	42
4.5.2 Porcentaje de agregado grueso/fino según resistencia .....	43
4.5.3 Dosificación del concreto patrón .....	46
4.6 DISEÑO DE CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE ....	47
4.6.1 Diseño M1 $a/c=0.45$ + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) p.c. ....	48
4.6.2 Diseño M2 $a/c=0.50$ + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) p.c. ....	49
4.6.3 Diseño M3 $a/c=0.55$ + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) c.p. ....	500
4.6.4 Diseño M4 $a/c=0.60$ + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) c.p. ....	511
4.7 REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA .....	522
<b>CAPITULO V: ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>53</b>

5.1	ENSAYOS .....	53
5.1.1	Método de diseño utilizado .....	53
5.1.2	Propiedades del concreto en estado fresco .....	53
5.1.2.1	<i>Ensayo de consistencia (NTP 339.035)</i> .....	53
5.1.2.2	<i>Ensayo de peso unitario (NTP 339.046)</i> .....	57
5.1.2.3	<i>Ensayo de fluidez (NTP 339. 085)</i> .....	60
5.1.2.4	<i>Ensayo de contenido de aire (NTP 339.083)</i> .....	63
5.1.2.5	<i>Ensayo de exudación (NTP 339.077)</i> .....	66
5.1.2.6	<i>Ensayo de tiempo de fragua (NTP 339.082)</i> .....	70
5.1.3	Propiedades del concreto en el estado endurecido .....	74
5.1.3.1	<i>Resistencia a la compresión axial (NTP 339.034)</i> .....	74
5.1.3.2	<i>Resistencia a la tracción diametral (NTP 339.084)</i> .....	84
5.1.3.3	<i>Módulo elástico (ASTM C469)</i> .....	86
5.1.3.4	<i>Ensayo de resistencia a la flexión en vigas (NTP 339.078)</i> .....	87
5.2	ESTUDIO DE LOS RESULTADOS .....	89
5.2.1	Agregados .....	89
5.2.1.1	<i>Agregado fino</i> .....	89
5.2.1.2	<i>Agregado grueso</i> .....	89
5.2.1.3	<i>Agregado global</i> .....	90
5.2.2	Propiedades del concreto en estado fresco .....	90
5.2.2.1	<i>Consistencia</i> .....	90
5.2.2.2	<i>Peso unitario</i> .....	90
5.2.2.3	<i>Fluidez</i> .....	90
5.2.2.4	<i>Contenido de aire</i> .....	911
5.2.2.5	<i>Exudación</i> .....	911
5.2.2.6	<i>Tiempo de fragua</i> .....	911
5.2.3	Propiedades de concreto en estado endurecido .....	92
5.2.3.1	<i>Resistencia a la compresión</i> .....	922

5.2.3.2	<i>Resistencia a la tracción</i> .....	94
5.2.3.3	<i>Módulo elástico</i> .....	95
5.2.3.4	<i>Resistencia a la flexión</i> .....	96
5.2.3.5	<i>Reducción de la cantidad de agua</i> .....	96
5.3.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS RESULTADOS.....	97
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>104</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
	<b>1055</b>	
	<b>ANEXOS</b>	<b>109</b>
	ANEXO A: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	110
	ANEXO B: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	116
	ANEXO C: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO .....	141
	ANEXO D: ANÁLISIS DE COSTOS .....	168
	ANEXO E: PANEL FOTOGRÁFICO .....	171
	ANEXO F: CERTIFICADO DE LABORATORIO .....	180

## RESUMEN

El programa experimental de laboratorio comprendía la preparación de mezclas de concreto con un slump de 6" a 7" para tener un adecuado comportamiento en obra respecto a la colocación del concreto. Se realizaron ensayos en estado fresco de peso unitario, contenido de aire, exudación, fluidez, tiempo de fragua. El aditivo se empleó en dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% en peso del cemento, siendo propuesta dentro del rango que se indica en la ficha técnica del fabricante.

Para la presente investigación se fabricaron una serie de 377 probetas (288 compresión, 48 tracción, 32 modulo elástico y 9 agregado optimo por resistencia) y 32 vigas. Se utilizó Cemento Portland Tipo I marca "Sol", agregados finos y gruesos provenientes de las canteras "Trapiche" y "Gloria" respectivamente de la ciudad de Lima, y el aditivo superplastificante MASTER EASE 3900 de la empresa BASF S.A.

El concreto en estudio considera relaciones  $a/c = 0.45, 0.50, 0.55, 0.60$ . Se realizó el diseño de mezclas con el método del agregado global, en el cual se toma porcentajes de 44%, 47%, 50%; 53%, 56% en peso de agregado fino con respecto al peso total de agregados, obteniendo un peso unitario compactado (P.U.C) máximo cuando se utilizó el 49.25% de agregado fino. Luego al ensayar probetas a los 7 días se obtuvo un porcentaje óptimo de combinación de agregados por resistencia y P.U.C. obteniendo 49.37% y 50.63% de agregado fino y grueso respectivamente. seguidamente se diseñaron dieciséis (16) tipos de mezclas, el primero fue el concreto patrón (CP) donde se obtuvo un  $f'c$  promedio a los 28 días de 370, 358, 333, 314  $kg/cm^2$ , el segundo CPA (0.72%), donde se obtuvo  $f'c$  promedio de 636, 454, 440, 343  $kg/cm^2$ ; el tercero CPA (1%), donde se obtuvo  $f'c$  promedio de 652, 608, 524, 469  $kg/cm^2$ ; y el ultimo CPA (1.18%), donde se obtuvo  $f'c$  promedio de 700, 632, 621, 519  $kg/cm^2$ .

Se determinó que la mejor relación costo – resistencia a la compresión está en el rango de  $a/c = 0.50 - 0.55$ , mientras que la óptima dosificación está en rango de 1%. Entonces en obra, se puede tomar como diseño base para así optimizar el comportamiento reológico del concreto.

## ABSTRACT

The experimental laboratory program included the preparation of concrete mixtures with a slump of 6 "to 7" to have an adequate behavior on site with respect to the placement of concrete. Tests were carried out in fresh state of unit weight, air content, exudation, fluidity, setting time. The additive was used in dosages of 0.72%, 1.00% and 1.18% by weight of the cement, being proposed within the range indicated in the manufacturer's technical data sheet.

For the present investigation, a series of 377 test pieces (288 compression, 48 traction, 32 elastic modulus and 9 optimal aggregate for resistance) and 32 beams were manufactured. Portland Cement Type I brand "Sol", fine and coarse aggregates from the "Trapiche" and "Gloria" quarries respectively, in the city of Lima, and the superplasticizer additive MASTER EASE 3900 from BASF SA was used.

The concrete under study considers  $w / c$  relationships of 0.45, 0.50, 0.55, 0.60. The mixture design was carried out with the global aggregate method, in which percentages of 44%, 47%, 50% are taken; 53%, 56% by weight of fine aggregate with respect to the total weight of aggregates, obtaining a maximum compacted unit weight (P.U.C) when 49.25% of fine aggregate was used. Then, when testing specimens at 7 days, an optimal percentage of combination of aggregates by resistance and P.U.C. obtaining 49.37% and 50.63% of fine and coarse aggregate respectively. Then, sixteen (16) types of mixtures were designed. The first was the standard concrete (CP) where an average  $f'c$  was obtained at 28 days of 370, 358, 333, 314 kg / cm<sup>2</sup>. The second CPA (0.72%), where an average  $f'c$  of 636, 454, 440, 343 kg / cm<sup>2</sup> was obtained. The third CPA (1%), where an average  $f'c$  of 652, 608, 524, 469 kg / cm<sup>2</sup> was obtained, and the last CPA (1.18%), where an average  $f'c$  of 700, 632, 621, 519 kg / cm<sup>2</sup> was obtained.

It was determined that the best cost-resistance to compression ratio is in the range of  $w/c = 0,50 - 0,55$ , while the optimal dosage is in the range of 1%. Then, it can be taken as a base design on site in order to optimize the rheological behavior of the concrete.

## PRÓLOGO

Es grato ver a estudiantes que conservan el ímpetu de explorar en los campos de la ciencia. Por ello se considera importante apoyar a nuestros estudiantes en esta etapa de formación profesional y sigan cumpliendo sus objetivos académicos.

Actualmente, los aditivos empleados en el sector de la construcción son pocos, algunos estudios indican que la aplicación técnica del concreto con aditivos es menos del 15% de los proyectos de construcción. Considerando las variedades de climas presentes y la complejidad de cada obra para ser ejecutadas al interior del país, el uso de aditivos está dando resultados positivos, por lo que su uso debe ser difundido y estudiado frecuentemente.

Existen variedad de aditivos que deberían ser usados con el objetivo de modificar las propiedades del concreto en el estado fresco y endurecido, el aditivo MASTER EASE 3900, según el fabricante en un aditivo superplastificante y reductor de agua.

Al interior del país existen condiciones especiales respecto a climas, a tipos de suelos los cuales afectan directamente a el desempeño y las propiedades del concreto tales como la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del concreto, entre otras. Factores adicionales relacionados con aspectos económicos y plazos de ejecución, hacen necesario el uso de aditivos que puedan contrarrestar las condiciones desfavorables mencionadas para lograr una buena fabricación y colocación del concreto

En los ensayos se observó que el concreto de mediana a alta resistencia con aditivo presenta modificación de ciertas propiedades, como la disminución de la exudación al actuar el aditivo como reductor de agua y aumentando la resistencia a la comprensión axial a medida que se agrega mayor dosis de aditivo.

Los resultados que se obtienen del presente trabajo de investigación pretenden servir como sustento técnico a los profesionales de la construcción en el empleo del aditivo MASTEREASE 3900, teniendo en cuenta las variables para la elaboración del concreto como son, entre otras, las propiedades de los agregados, las condiciones climáticas, especialmente la temperatura de la zona.

Ing. Rafael Cachay Huamán

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Límites granulométricos del agregado fino .....	24
Cuadro N° 2: Límites granulométricos del agregado grueso .....	255
Cuadro N° 3: Límites granulométricos del agregado global .....	266
Cuadro N° 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado .....	29
Cuadro N° 5: Resultado de las propiedades del agregado fino y grueso.....	32
Cuadro N° 6: Granulometría del agregado fino .....	33
Cuadro N° 7: Granulometría del agregado grueso .....	34
Cuadro N° 8: Compacidad del agregado global.....	35
Cuadro N° 9: Granulometria del agregado global .....	36
Cuadro N° 10: Comparación de los métodos de diseño .....	38
Cuadro N° 11: Husos granulométricos NTP 400.037 .....	40
Cuadro N° 12 Husos granulométricos DIN 1045 .....	41
Cuadro N° 13: Diseño de mezcla para 210 l/m3.....	42
Cuadro N° 14: Diseño de mezcla para 220 l/m3.....	42
Cuadro N° 15: Diseño de mezcla para 230 l/m3.....	43
Cuadro N° 16: Cantidad de agua vs Asentamiento .....	43
Cuadro N° 17: Variación de %arena para probetas a los 7 días .....	44
Cuadro N° 18: Diseño para arena=46.25% y piedra=53.75% .....	444
Cuadro N° 19: Diseño para arena=49.25% y piedra=50.75% .....	444
Cuadro N° 20: Diseño para arena=52.25% y piedra= 47.75%.....	45
Cuadro N° 21: Resultado a la compresion axial a los 7 dias de curado.....	45
Cuadro N° 22: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.45 .....	466
Cuadro N° 23: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.50 .....	477
Cuadro N° 24: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.55 .....	477
Cuadro N° 25: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.60 .....	477
Cuadro N° 26: Diseño de a/c=0.45 + aditivo= 0.72%p.c.....	488

Cuadro N° 27: Diseño de $a/c=0.45$ + aditivo = 1.00% p.c. ....	488
Cuadro N° 28: Diseño de $a/c=0.45$ + aditivo = 1.18% p.c. ....	49
Cuadro N° 29: Diseño de $a/c=0.50$ + aditivo = 0.72% p.c. ....	49
Cuadro N° 30: Diseño de $a/c=0.50$ + aditivo = 1.00% p.c. ....	49
Cuadro N° 31: Diseño de $a/c=0.50$ + aditivo = 1.18% p.c. ....	500
Cuadro N° 32: Diseño de $a/c=0.55$ + aditivo = 0.72% p.c. ....	500
Cuadro N° 33: Diseño de $a/c=0.55$ + aditivo = 1.00% p.c. ....	500
Cuadro N° 34: Diseño de $a/c=0.55$ + aditivo = 1.18% p.c. ....	511
Cuadro N° 35: Diseño de $a/c=0.60$ + aditivo = 0.72% p.c. ....	511
Cuadro N° 36: Diseño de $a/c=0.60$ + aditivo = 1.00% p.c. ....	51
Cuadro N° 37: Diseño de $a/c=0.60$ + aditivo = 1.18% p.c. ....	52
Cuadro N° 38: Reducciones de las cantidades de agua. ....	52
Cuadro N° 39: Ensayo de asentamiento para la relación $a/c= 0.45$ .....	54
Cuadro N° 40: Ensayo de asentamiento para la relación $a/c= 0.50$ .....	555
Cuadro N° 41: Ensayo de asentamiento para la relación $a/c= 0.55$ .....	55
Cuadro N° 42: Ensayo de asentamiento para la relación $a/c= 0.60$ .....	56
Cuadro N° 43: Ensayo de Peso Unitario para la relación $a/c= 0.45$ .....	57
Cuadro N° 44: Ensayo de Peso Unitario para la relación $a/c= 0.50$ .....	58
Cuadro N° 45: Ensayo de Peso Unitario para la relación $a/c= 0.55$ .....	58
Cuadro N° 46: Ensayo de Peso Unitario para la relación $a/c= 0.60$ .....	59
Cuadro N° 47: Ensayo de fluidez para la relación $a/c= 0.45$ .....	60
Cuadro N° 48: Ensayo de fluidez para la relación $a/c= 0.50$ .....	61
Cuadro N° 49: Ensayo de fluidez para la relación $a/c= 0.55$ .....	62
Cuadro N° 50: Ensayo de fluidez para la relación $a/c= 0.60$ .....	62
Cuadro N° 51: Ensayo de contenido de aire para la relación $a/c= 0.45$ .....	64
Cuadro N° 52: Ensayo de contenido de aire para la relación $a/c= 0.50$ .....	64
Cuadro N° 53: Ensayo de contenido de aire para la relación $a/c= 0.55$ .....	65

Cuadro N° 54: Ensayo de contenido de aire para la relación a/c= 0.60.....	66
Cuadro N° 55: Ensayo de exudación para la relación a/c= 0.45 .....	67
Cuadro N° 56: Ensayo de exudación para la relación a/c= 0.50 .....	68
Cuadro N° 57: Ensayo de exudación para la relación a/c= 0.55 .....	69
Cuadro N° 58: Ensayo de exudación para la relación a/c= 0.60 .....	69
Cuadro N° 59: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.45 .....	711
Cuadro N° 60: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.50 .....	722
Cuadro N° 61: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.55 .....	72
Cuadro N° 62: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.60 .....	733
Cuadro N° 63: Resultado de f'c la resistencia a la compresión del concreto patrón .....	74
Cuadro N° 64: Resultado de la resistencia a la compresión a/c=0.45 con aditivo .....	75
Cuadro N° 65: Resultado de la resistencia a la compresión a/c=0.50 con aditivo .....	76
Cuadro N° 66: Resultado de la resistencia a la compresión a/c=0.55 con aditivo .....	76
Cuadro N° 67: Resultado de la resistencia a la compresión a/c=0.60 con aditivo .....	77
Cuadro N° 68: Evolución del aditivo con la resistencia del concreto.....	78
Cuadro N° 69: Resistencia a la compresión a los 28 días.....	800
Cuadro N° 70: Variación porcentual de la resistencia respecto a las docificacion de aditivo .....	811
Cuadro N° 71: Resistencia a la compresión tomando como referencia de 100% la resistencia a los 28 días.....	84
Cuadro N° 72: Resistencia a la tracción diametral a la edad de 28 días y su variación porcentual .....	85
Cuadro N° 73: Variación del módulo elástico.....	86
Cuadro N° 74: Variación de la resistencia a la flexión .....	88

Cuadro N° 75: Variación de la reducción de la cantidad de agua .....	97
Cuadro N° 76: Variación de los costos con respecto al concreto patrón .....	98
Cuadro N° 77: Variación de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón .....	98
Cuadro N° 78: Variación del costo del concreto por cada kg/cm <sup>2</sup> .....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Granulometría del agregado fino .....	33
Gráfico N° 2: Granulometría del agregado grueso.....	34
Gráfico N° 3: Granulometría del agregado global .....	35
Gráfico N° 4: Curva granulométrica del agregado global NTP 400.037.....	36
Gráfico N° 5: Curva granulométrica del agregado global huso DIN 1045.....	36
Gráfico N° 6: Slump vs Agua .....	43
Gráfico N° 7: Curva de resistencia vs % arena .....	45
Gráfico N° 8: Traslape de curvas por granulometría y resistencia vs % arena.....	46
Gráfico N° 9: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.50$ .....	54
Gráfico N° 10: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.50$ .....	55
Gráfico N° 11: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.55$ .....	56
Gráfico N° 12: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.55$ .....	56
Gráfico N° 13: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.45$ .....	577
Gráfico N° 14: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.50$ .....	588
Gráfico N° 15: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.55$ .....	59
Gráfico N° 16: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.60$ .....	59
Gráfico N° 17: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.45$ .....	61
Gráfico N° 18: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c= 0.50$ .....	611
Gráfico N° 19: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación $a/c=$	

0.55.....	622
Gráfico N° 20: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.55.....	633
Gráfico N° 21: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.45.....	644
Gráfico N° 22: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación a/c=0.50.....	655
Gráfico N° 23: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación a/c=0.55.....	655
Gráfico N° 24: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación a/c=0.60.....	666
Gráfico N° 25: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.45.....	688
Gráfico N° 26: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50.....	688
Gráfico N° 27: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación a/c=0.55.....	69
Gráfico N° 28: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación a/c=0.60.....	70
Gráfico N° 29: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c=0.45.....	71
Gráfico N° 30: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50.....	722
Gráfico N° 31: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.55.....	733
Gráfico N° 32: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.60.....	733
Gráfico N° 32: Resistencias de los concretos patrones.....	755
Gráfico N° 34: resistencia de concreto a/c=0.45 más aditivos.....	755
Gráfico N° 35: Resistencia de concreto a/c=0.50 más aditivos.....	766

Gráfico N° 36: Resistencia de concreto a/c=0.55 más aditivos .....	777
Gráfico N° 37: Resistencia de concreto a/c=0.60 más aditivos .....	777
Gráfico N° 38: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.45. ...	78
Gráfico N° 39: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.50 ....	79
Gráfico N° 40: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.55. ...	79
Gráfico N° 41: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.60. .	800
Gráfico N° 42: Análisis comparativo de las resistencias a la compresión a los 28 días .....	811
Gráfico N° 43: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.45 .	822
Gráfico N° 44: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.50 .	822
Gráfico N° 45: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.55 .	833
Gráfico N° 46: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.60 .	833
Gráfico N° 47: Variación de la resistencia a la tracción por compresión diametral	855
Gráfico N° 48: Variación del módulo de elasticidad .....	877
Gráfico N° 49: Variación del módulo de elasticidad .....	89
Gráfico N° 50: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.45	922
Gráfico N° 51: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.50	933
Gráfico N° 52: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.55	933
Gráfico N° 53: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.60	944
Gráfico N° 54: Análisis comparativo de los costos respecto al concreto patrón ....	99
Gráfico N° 55: Resumen de costos por cada kg/cm <sup>2</sup> .....	1000

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

<b>a/c:</b>	Relación agua cemento
<b>ACI:</b>	American Concrete Institute
<b>ASTM:</b>	American Society for Testing and Materials
<b>BASF:</b>	Badische Anilin und Soda Fabrik
<b>C.H:</b>	Contenido de humedad
<b>COPANT:</b>	Comisión Panamericana de Normas Técnicas
<b>C.P.T:</b>	Cemento portland tipo
<b>D o Ø:</b>	Diámetro
<b>DIN:</b>	Instituto Alemán de Normalización
<b>DUO:</b>	Diseño unitario de obra
<b>Ec o M.E:</b>	Modulo Elástico
<b>F'c:</b>	Resistencia por comprensión axial
<b>LEM:</b>	Laboratorio de Ensayos y Materiales
<b>Max:</b>	Expresión de máximo
<b>MF:</b>	Módulo de finura
<b>NTP:</b>	Norma Técnica Peruana
<b>P:</b>	Carga de rotura
<b>P.C:</b>	Peso de cemento
<b>Psss:</b>	Peso seco superficialmente saturado
<b>PU:</b>	Peso Unitario
<b>P.U.C:</b>	Peso Unitario Compactado
<b>P.U.S:</b>	Peso Unitario Suelto
<b>Q:</b>	Resistencia a la tracción
<b>Rc:</b>	Resistencia a la comprensión
<b>TMN:</b>	Tamaño máximo nominal
<b>T.F.I:</b>	Tiempo de fragua inicial
<b>T.F.F:</b>	Tiempo de fragua final
<b>UNACEM:</b>	Unión Andina de Cementos
<b>°C:</b>	Grados centígrados
<b>Δ:</b>	Variación

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES

En la Facultad de ingeniería Civil - UNI existen investigaciones que coinciden o corrigen a las Normas Técnicas Peruanas. En los últimos años se han estudiado diversas generaciones de aditivos con resultados favorables técnica y económicamente, obteniendo concretos fluidos de óptima calidad y cumpliendo con las especificaciones técnicas requeridas en obra, siendo ello resultados positivos en el desarrollo sostenible de la construcción.

En la presente investigación se utiliza diversos materiales con las características iniciales requeridas en el diseño de la mezcla.

Cemento:	Portland Tipo I – cemento Sol (embolsado)
Relaciones a/c:	0.45, 0.50, 0.55, 0.60
Agregados:	Piedra de la cantera Gloria Arena de la cantera Trapiche
Aditivo:	MASTER EASE 3900 Dosis: 0.72%, 1.00%, 1.18% del peso de cemento
Asentamiento:	Entre 6" a 7"

Se han realizado investigaciones donde han empleado diferentes aditivos Superplastificante/Reductor de agua como en el caso de Raymundo (1994) en su tesis "Estudio de la influencia del aditivo superplastificante – reductor de agua de alto rango sobre las propiedades del concreto" y Tesillo (2004) en su tesis "Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con Cemento Portland Tipo I y utilizando un aditivo plastificante", donde se revisaron el comportamiento de aditivo superplastificante "EUCO-37" para los ensayos en el concreto en estado fresco y endurecido con y sin aditivo, con relaciones a/c= 0.40, 0.45 y 0.50 utilizando Cemento Portland Tipo I andino;

Palomares (2009) en su tesis "Estudio de las características del concreto utilizando aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante cemento portland tipo I", donde aplico el EUCO-37 como aditivo y relaciones a/c=0.40, 0.45 y 0.50, con dosificaciones de 0.75, 0.93, 1.12 sobre peso de cemento, cumpliendo con las características de la ficha técnica en la que se justificaba su viabilidad;

Según Basauri (2010) en su tesis “Diseño para obtener concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000, empleando agregados de la cantera Rodolfito (Carretera Cajamarca – Ciudad de Dios km 5.00)”. Llegó a determinar la reducción de la cantidad de agua de mezclado conservando la plasticidad, trabajabilidad, consistencia y cohesión.

La aplicación de aditivos superplastificantes reductores de agua (ASPRA) debe ser viables con información apropiada para ser aplicados en proyectos de la actualidad y confiables para tener la certeza que la aplicación de los ASPRA sean precisos según las especificaciones técnicas que se requiera en obra.

Es oportuno continuar de estudiar el comportamiento de los diversos ASPRA presentes en el mercado nacional como es el caso del aditivo de nueva versión MASTEREASE 3900 y su desempeño en concretos fabricados con CP Tipo I con la finalidad de obtener resultados que ratifiquen y den mayor confiabilidad para así aplicarlas en los proyectos de construcción.

## 1.2. PROBLEMÁTICA

En la actualidad las obras de construcción en concreto utilizan aditivos superplastificante reductores de agua que producen mejoras en la mezcla de concreto convencional al modificar ciertas propiedades acorde a necesidades en cuanto a la reología mejorando con ello su trabajabilidad, bombeabilidad y la puesta en obra; asimismo al ser reductores de agua influyen a favor en los costos al disminuir la dosificación en cemento.

En el Perú debido sus múltiples microclimas complican el buen comportamiento del concreto, por ello ya se está aplicando aditivos superplastificante reductores de agua. En nuestro país las empresas proveedoras líderes en el mercado de aditivos superplastificantes son Sika, Chema, Z aditivos, y QSI (Euco); sus gamas de aditivos engloban soluciones en los sectores como en edificaciones, industrial, infraestructura y minería,

La empresa “BASF Construction Chemicals” la cual a través de sus servicios y experiencias en Europa; África, Asia, Australia, y América; está generando posicionamiento de mercado en América del Sur; y entre ello nuestro país, Perú; por lo que se necesita realizar un estudio del concreto convencional con las nuevas generaciones de aditivos superplastificantes.

La selección de los aditivos superplastificantes reductores de agua varía según la necesidad y la efectividad para obtener una información apropiada y aplicados en proyectos al interior del País; tener la certeza que su aplicación en el rango de las especificaciones técnicas del producto son las más adecuada y precisas según las condiciones que requiera la mezcla cumpliendo un buen comportamiento reológico para vaciado en obra.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo principal:

Realizar el estudio y verificación de las propiedades del concreto con Cemento Portland Tipo I de mediana a alta resistencia aplicando un aditivo superplastificante reductor de agua.

#### 1.3.2. Objetivos específicos:

- Realizar diversos diseños de mezcla utilizando ASP con asentamientos de 6" a 7" para concretos de mediana a alta resistencia.
- Determinar las principales propiedades del concreto aplicando ensayos estandarizados verificando la viabilidad y confiabilidad del aditivo.
- Elaborar y analizar un cuadro comparativo con la relación costo-resistencia para los diseños de mezcla utilizados en este estudio.

### 1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Al preparar un concreto de mediana a alta resistencia utilizando el aditivo superplastificante reductor de agua "MASTEREASE 3900" se obtendrá un concreto con propiedades mejoradas de buen comportamiento reológico que verificará su viabilidad y confiabilidad.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1. CONCRETO.**

Material de construcción compuesto por proporciones bien definidas de materiales como el cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y eventualmente la utilización de aditivos de ser el caso, y como resultado de ello se forma una masa endurecida y heterogénea con facilidad de colocación, resistencia, durabilidad entre otras propiedades (Riva L., 2007).

### **2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO**

En esta parte de la tesis se mencionan definiciones y conceptos teóricos de las propiedades del concreto y en algunos casos los ensayos aplicables con sus normas respectivas.

#### **2.2.1. Trabajabilidad**

##### *2.2.1.1. Definición*

Capacidad de la mezcla para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado sin que se presente segregación. Esta definición involucra conceptos de fluidez, moldeo, cohesión y compactación. (Rivera G., 1992).

##### *2.2.1.2. Consideraciones*

Es recomendable emplear mínima cantidad de agua para el diseño de mezclas de concreto para obtener la trabajabilidad adecuada y no perjudicar la resistencia del concreto elaborado. (Riva L., 2007).

#### **2.2.2. Consistencia**

##### *2.2.2.1. Definición*

Propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez. La consistencia está relacionada en forma directa con la trabajabilidad.

##### *2.2.2.2. Clasificación*

Existen clasificaciones como la Norma Alemana y la Norteamericana, en este último caso clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla en estado fresco, la cual se hace la medida cuantitativa mediante el método del Cono de

Abrams o método Slump mediante los siguientes rangos:

- Consistencia seca (0" a 2") o (0 mm a 50 mm)
- Consistencia seca (3" a 4") o (75 mm a 100 mm)
- Consistencia fluida (5" a más) o (125 mm a más)

Cabe resaltar que la variación en el asentamiento es indicadora para modificar la dosificación del diseño de la mezcla (Rivera G., 1992).

### 2.2.3. Resistencia

#### 2.2.3.1. Definición

Esfuerzo máximo que puede ser soportado por el material sin llegar al punto de rotura mediante las siguientes formas: corte, flexión, tracción y compresión, presentado esta última altos esfuerzos.

#### 2.2.3.2. Consideraciones

Un factor determinante que influyen en la resistencia del concreto es la relación a/c que se considera en el diseño de la mezcla para la adherencia que presentara la pasta y los agregados. Esta relación fue investigada y graficada por Abrams (2018), donde indica que manteniendo la compactación adecuada, mismos materiales, mismas condiciones y características la relación a/c es inversamente proporcional a la Resistencia a la compresión.

Los factores desfavorables para la resistencia es la presencia de limo, arcillar, materia orgánica, mica, humus, sales, etc. En la práctica existen variables por lo que no es tan solo considerar una sola relación a/c, sino más de una para encontrar la más óptima relación con los materiales dispuestos. (Rivera G., 1992).

### 2.2.4. Durabilidad

#### 2.2.4.1. Definición

El concreto debe mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones que pueden hacer perder su capacidad estructural. El diseño debe estipular para que el elemento alcance la vida útil que se espera del proyecto.

#### 2.2.4.2. Consideraciones

Afectan negativamente los procesos de congelación y deshielo, los de humedecimiento y secado, calentamiento y enfriamiento, la acción de agentes químicos en especial con los cloruros y sulfatos (Riva L., 2007).

### 2.3. COMPONENTES DE CONCRETO

#### 2.3.1. Cemento Portland

En épocas antiguas los romanos utilizaron como agregado ladrillos quebrados los que eran embutidos en una mezcla de cal con polvo del ladrillo o la ceniza volcánica de esta forma se construyeron estructuras como caminos, acueductos, templos, palacios etc. También se utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras como el Coliseo y el Partenón. Para lograr concretos de peso ligero, los romanos utilizaron recipientes de barro que eran embebidos en la estructura generando vacíos en las paredes, y logrando así su propósito. Las diferentes etapas evolutivas para obtener un buen concreto hicieron que el cemento evolucione y adopte comportamientos de acuerdo a las condiciones requeridas.

En 1824, J. Aspin, elaboró y patentó un producto obtenido mediante la cocción de una mezcla de calcáneos y arcilla finamente molida el cual años siguientes sería el llamado cemento portland. Este ligante permitió confeccionar un hormigón similar al obtenido con la piedra Portland (calcáreo muy resistente de la isla de Portland) comúnmente utilizado en Inglaterra para la construcción, de aquí la denominación “Cemento Portland” (Frederik L., 1988).

Norma Técnica Peruana NTP 334.009 Cemento hidráulico producido mediante la mezcla materiales calcáneos y arcillosos u otros materiales asociados con sílice, alúmina y óxido de hierro, que son calentados a temperaturas que provoquen que se formen escorias (Clinker), para luego cuando se enfrí poder moler el producto resultante hasta ser convertida en un polvo fino, luego se le agrega yeso. Este producto resultante es el cemento Portland comercial que se usa de todo el mundo (Neville 1998).

#### 2.3.2. Cemento usado en la tesis (Portland tipo I – Sol)

Para este estudio usamos el cemento portland tipo I, que son fabricados por la

empresa UNACEM, desde 1916, es la primera marca de cemento del Perú que ha acompañado por un siglo el desarrollo del país, cumple con las normas NTP 334.009 y ASTM C-150.

### 2.3.3. Agregados

Representan aproximadamente un 75% del volumen del concreto cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011, siendo más económicos que el cemento y no reaccionan con el agua, pero influyendo con las propiedades del concreto.

Esta influencia no solo causa un efecto en la textura del acabado y su calidad final, también en la consistencia y trabajabilidad estando en un estado plástico y en el endurecido como, durabilidad, resistencia, cambios volumétricos y peso unitario. En la norma E-060 recomienda que debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones (Riva L., 2007).

#### 2.3.3.1. Agregado grueso:

El agregado grueso está formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,75 mm (tamiz N°4). El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños, y que está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037 (Riva L., 2007).

#### 2.3.3.2. Agregado fino

El agregado fino se emplea en el concreto para mejorar las propiedades de la mezcla plástica, facilitar el acabado, promover la uniformidad e impedir la segregación. Estas mejoras se logran, en gran parte, por la composición granulométrica, el tamaño, la forma y la textura de la superficie de las partículas que pasa por el tamaño mínimo 9.5 mm (tamiz 3/8") y que está dentro de los límites

establecidos por la norma NTP 400.037 s. Con excepción del agregado ligero, el agregado fino para concreto debe consistir en arena natural, arena manufacturada o una combinación de ambas (Riva L., 2007).

### 2.3.3.3. Agregado global

Material conformado por agregado fino y agregado grueso proveniente de la desintegración ya sea natural o artificial de las rocas, el cual debe estar en proporciones adecuadas para el diseño adecuando según las especificaciones requeridas y cumpliendo con los estándares establecidos en la norma NTP.400.037.

### 2.3.4. Propiedades y características de los agregados

#### 2.3.4.1. Granulometría

Es la medición de los agregados, cuando se pasa por mallas normalizadas (tamices), dan como porcentaje en peso por cada malla. Las cuales son 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100. La granulometría cuando es continua permite elaborar diseño de mezclas de alta compacidad y densas para obtener mayores resistencias del concreto cumpliendo con los estándares establecidos en la norma NTP.400.012. Riva L., 2007).

La NTP 400.037 establece los límites granulométricos y se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 1: Límites granulométricos del agregado fino

límites granulométricos del agregado fino	
tamiz	% que pasa
3/8" o 9,5 mm	100
N°4 o 4.75 mm	95 a 100
N°8 o 2,36 mm	80 a 100
N°16 o 1.18 mm	50 a 85
N°30 o 600 μm	25 a 60
N°50 o 300 μm	10 a 30
N°100 o 150 μm	2 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

Cuadro N° 2: Límites granulométricos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in)	90 mm (3 1/2)	75 mm (3 in)	63 mm (2 1/2 in)	50 mm (2 in)	37.5 mm (1 1/2 in)	25 mm (1 in)	19 mm (3/4 in)	12.5 mm (1/2 in)	9.5 mm (3/8 in)	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	3.00 um (N°50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 in a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

Para el análisis del agregado global se tiene límites granulométricos establecidos que se encuentran en la norma NTP 400.37. Se muestra a continuación en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Límites granulométricos del agregado global

Tamiz	porcentaje que pasa por los tamices normalizados		
	Tamaño Máximo Nominal		
	37,5 mm (1 ½ pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)
50.0 mm (2 pulg)	100		
37.5 mm (1 1/2 pulg)	95 a 100	100	
19.0 mm (¾ pulg)	45 a 80	95 a 100	
12.5 mm (1/2 pulg)			100
9.50 mm (3/8 pulg)			95 a 100
4.75 mm (N° 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (N° 8)			20 a 50
1.18 mm (N° 16)			15 a 40
600 µm (N° 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (N° 50)			5 a 15
150 µm (N° 100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

\* Incrementar 10% para finos de roca triturada

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

#### 2.3.4.2. Tamaño máximo

Es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso utilizada, cumpliendo con los estándares establecidos según la norma NTP.400.037.

#### 2.3.4.3. Tamaño máximo nominal

El aquel menor tamiz donde se da el primer retenido. Según la NTP.400.37 el primer retenido de la muestra estaría entre un 5% y 10%.

#### 2.3.4.4. Módulo de Fineza (ASTM C33)

También llamado módulo granulométrico, el cual da una idea del grosor o finura del agregado, se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándares y dividiendo la suma entre 100. Cambios en la granulometría de la arena influye en la demanda de agua y en consecuencia la trabajabilidad, entonces el módulo de finura será:

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

#### 2.3.4.5. Peso unitario

Es en peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de

compactación y humedad, se expresa en unidades de kg/m<sup>3</sup>, pudiéndose realizar al agregado fino y grueso, respetando la norma NTP 400.017

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

Se determina colocando el material seco suavemente en el recipiente hasta la punta de derrame y a continuación se nivela al ras con una varilla de 5/8". El procedimiento para su medición debe respetar la NTP400.017.

$$PUS = \frac{\text{peso suelto compactado}}{\text{volumen unitario}}$$

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

Es cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria, siempre y cuando se aplique un procedimiento para compactarlo respetando la NTP 400.017

$$PUC = \frac{\text{peso compactado del agregado}}{\text{volumen unitario}}$$

#### 2.3.4.8. *Peso específico*

Es la relación entre el peso en el aire de cierto volumen de sólidos a una temperatura dada y el peso en el aire del mismo volumen de agua, a la misma temperatura. Este resultado es usado para el diseño de mezclas, también de ser un indicador de calidad del agregado, cuando es elevado, indica que tiene un buen comportamiento de baja permeabilidad, sin embargo, cuando este indicador es bajo corresponden a agregados débiles y absorbentes.

$$Pe = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso en agua del agregado ya saturado con superficie seca}}$$

#### 2.3.4.9. *Porcentaje de absorción*

Es el incremento de masa debido a la penetración de agua en los poros de la partícula de los agregados y es expresado en porcentaje.

Los procedimientos para realizar este ensayo deben cumplir los estipulados en la

NTP 400.021, para agregado grueso y NTP 400.022, para el agregado fino.  
Se determina por el incremento de peso de una muestra de agregado secada al horno, después de estar 24 horas en agua y secado superficialmente.

$$\%abs = \frac{p_{sss} - \text{peso seco}}{\text{peso Seco}} * 100$$

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

peso seco: Peso de la muestra secada al horno

% de abs: Porcentaje de absorción

#### 2.3.4.10. Contenido de humedad

Es la porción de agua contenido de una muestra representativa en su condición natural. Es una característica importante debido a que contribuye a incrementar el agua de la mezcla del concreto. Razón por la cual se debe tomar en cuenta la absorción para realizar las correcciones adecuadas en las proporciones de las mezclas (Pasquel 1998). Los procedimientos para realizar este tipo de ensayos deben cumplir los estipulados en la NTP 339.185.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{peso seco}} * 100$$

#### 2.3.4.11. Material más fino que pasa la malla 200

Es la cantidad de agregado en porcentaje que pasa por el tamiz de malla N°200. Cumpliendo con lo estipulado en la norma NTP 400.018

$$\% \text{ Pasa malla N}^\circ 200 = \frac{\text{peso seco} - \text{peso despues de lavado}}{\text{peso seco}} * 100$$

#### 2.3.5. Agua

Es primordial para la elaboración de mezcla de concreto, es por ello que existen ciertas precauciones para la elección del agua a usar para el diseño. Respetando la norma NTP 339.088 que considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites (Abanto, 2013).

Cuadro N° 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5,000 ppm Máximo
Materia orgánica	3 ppm Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000 ppm Máximo
Sulfatos (ion SO <sub>4</sub> )	600 ppm Máximo
Cloruros (Ion Cl)	1,000 ppm Máximo
pH	5 a 8 Máximo

Fuente: Abanto Castillo, Flavio. (2013). Tecnología del concreto

### 2.3.6. Aditivo

Es una sustancia orgánica o inorgánica en forma de líquido, polvo o pasta con diferentes propiedades a de los agregados, cemento o el agua que se agrega a la mezcla del diseño del concreto, al mortero o a la pasta del mortero, antes o durante el desarrollo del mezclado con la finalidad de modificar sus propiedades en beneficio al concreto.

La dosis de aditivos son pequeños porcentajes del peso del cemento. Los aditivos líquidos se agregan en el mezclado de concreto junto con el agua, mientras que los aditivos en polvo se mezclan con el cemento o el agregado fino. Pueden ser dosificado hasta un 5% del peso del cemento y generalmente están en el rango de 0.5% y 2%.

El aditivo a ser empleado tiene que cumplir con lo establecido es las especificaciones según la norma NTP 334.088:2006.

### 2.3.7. Aditivo superplastificante

Los nuevos superplastificantes, constituyen la novedad de aditivos para el concreto que se han desarrollado en los últimos 10 años. Su aplicación permite obtener una alta fluidez en concretos secos sin asentamiento, evitando además la segregación y exudación.

La gran trabajabilidad que se obtiene con este tipo de aditivos puede ser usada para efectuar importantes reducciones de la relación agua/cemento, de forma que se pueden alcanzar resistencias elevadas.

La primera generación de súper-plastificantes actuaba por su naturaleza aniónica, por lo cual las partículas de cemento se cargan negativamente, repeliéndose mutuamente y reduciéndose la fricción. La segunda generación actúa además cubriendo la superficie de las partículas de cemento e incide sobre los procesos de hidratación, permitiendo su empleo en temperaturas extremas del concreto, incrementando la reducción del agua de mezcla y ampliando el periodo en que el concreto fresco se mantiene plástico. Los aditivos de tercera generación han aumentado a su vez el rango de plasticidad y permiten mantener las características de fraguado, similar a los concretos normales, en diferentes temperaturas de concreto.

### 2.3.8. Aditivo Master Ease 3900 (ficha técnica)

Aditivo superplastificante/reductor de agua de alto rango para producción de concretos de baja viscosidad y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia

#### 2.3.8.1. *Campo de aplicación*

Master Ease 3900 es un aditivo superplastificante de última generación, basado en la nueva tecnología de polímeros exclusiva de BASF Construction Chemicals, especialmente diseñado para la producción de concretos de baja viscosidad incluso con reducidos contenidos de agua debido a su innovadora formulación que permite una adsorción retardada de las partículas de cemento obteniendo una hidratación mucho más eficiente.

Diseñado para mejorar la reología y con ello su trabajabilidad, bombeabilidad y la puesta en obra del concreto fabricado. Permite la fabricación de concretos de elevada fluidez y de alta resistencia, con un buen mantenimiento de consistencia. Master Ease 3900 cumple con las especificaciones de la clasificación tipo F según la ASTM C494 como un aditivo reductor de agua de alto rango.

#### 2.3.8.2. *Propiedades*

- Gran poder reductor de agua.
- Mejora el acabado y la textura de la superficie del concreto.
- Aumenta las resistencias iniciales y finales del concreto
- Buen mantenimiento de consistencia para cubrir los tiempos de transporte, sin

retraso de fraguado.

- Facilita el bombeo y reduce el tiempo de aplicación y compactación
- Dota al concreto de un excelente comportamiento reológico, con reducida viscosidad y pegajosidad, y docilidad mejorada
- Excelente cohesión

### 2.3.8.3. *Dosificación*

El rango de dosificación recomendado para la dosificación del aditivo es de 650 ml a 1500 ml por 100 kg de cemento en función del tipo de materiales y tipo de concreto a fabricar, dependiendo del uso esto puede variar por la naturaleza de los agregados y condiciones en obra.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen desempeño.

## CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

### 3.1. GENERALIDADES

En las canteras donde se extraen los agregados también se encuentran cantidades de limo y arcilla que afectan negativamente el concreto fresco como el concreto endurecido. Estos materiales deben estar excluidos de los agregados mediante el cribado en seco o sienta más efectivo para eliminarlas arcillas el lavado de los agregados.

En la fabricación del concreto usualmente se trabaja con más de un agregado como el agregado fino y el agregado grueso, para el acomodo y una mejor compactación y el desarrollo de la resistencia.

En la presente tesis se usó el agregado fino de la cantera coluvial “**Trapiche**” ubicada en el distrito de Carabayllo y el agregado grueso de la cantera coluvial “**Gloria**” ubicada en el distrito de Ate.

### 3.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

#### 3.2.1. Propiedades físicas del agregado fino y grueso

Las propiedades del agregado fino se muestran en el Cuadro N° 5

Cuadro N° 5: Resultado de las propiedades del agregado fino y grueso

Propiedades de los agregados	Unidad	Agregado fino (cantera Trapiche)	Agregado grueso (cantera Gloria)
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1508	1440
Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1688	1586
Peso Especifico	gr/cm <sup>3</sup>	2.45	2.73
Porcentaje de Absorción	%	3.97	1.02
Contenido de Humedad	%	4.62	0.53
% Que pasa malla N°200	%	4.13	—
Módulo de Finura	.-	3.10	7.25
Tamaño Máximo	pulg	—	1 1/2"
Tamaño Máximo Nominal	pulg	—	1"

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.2. Granulometría del agregado fino

La granulometría que presenta el agregado fino de la cantera **Trapiche**, la observamos en el cuadro N° 6 genera lo que se presenta en el gráfico N° 1.

Cuadro N° 6: Granulometría del agregado fino

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO						ASTM C-33/ NTP 400.037	
Malla	ABERTURA (mm)	Muestra	% Retenido	%Retenido Acumulado	%Acumulado que Pasa	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1/2"	12.5		0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.5		0.00	0.00	100.00	100	100
1/4"	6.25	0	0.00	0.00	100.00		
N°4	4.75	0.47	0.05	0.05	99.95	95	100
N°8	2.36	128.33	12.83	12.88	87.12	80	100
N°16	1.18	297.10	29.71	42.59	57.41	50	85
N°30	0.6	289.13	28.91	71.50	28.50	25	60
N°50	0.3	182.43	18.24	89.75	10.25	10	30
N°100	0.15	72.80	7.28	97.03	2.97	2	10
Fondo		29.73	2.97	100.00	0.00	0	0
TOTAL		1000.00					

Fuente: Elaboración propia

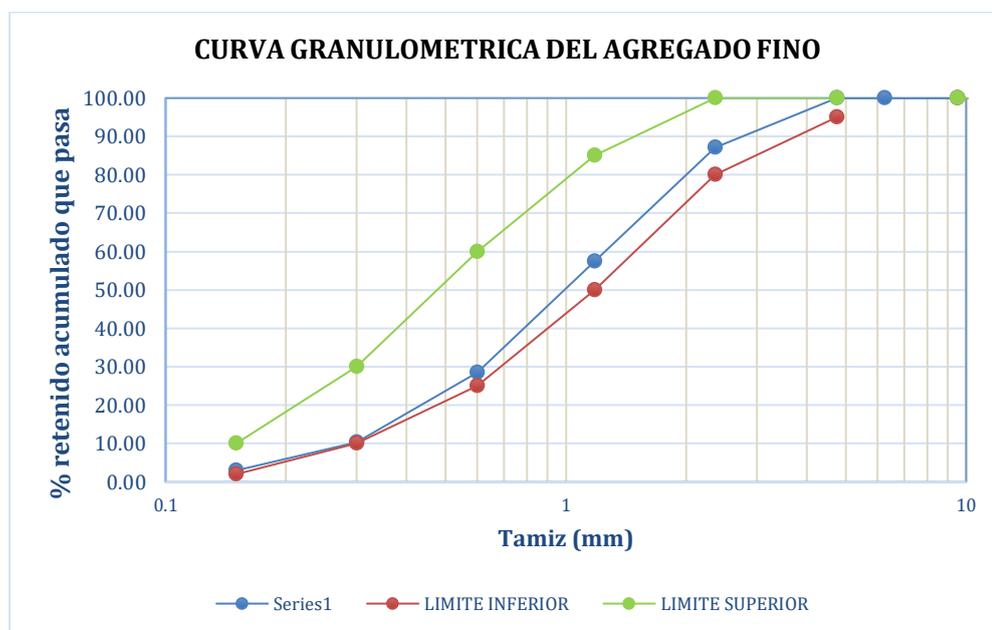


Gráfico N° 1: Granulometría del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Granulometría del agregado grueso

La granulometría que presenta el agregado fino de la cantera Gloria, se observa en el cuadro N° 7 y genera lo que se presenta en el gráfico N° 2

Cuadro N° 7: Granulometría del agregado grueso

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO						NORMA ASTM	
						HUSO 56	
Malla	ABERTURA	Muestra	% Retenido	%Retenido Acumulado	%Acumulado que Pasa	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1 1/2"	40	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25	843.25	8.4	8.4	91.6	90	100
3/4"	20	2874.70	28.7	37.2	62.8	40	85
1/2"	12.5	3646.95	36.5	73.6	26.4	10	40
3/8"	9.5	1417.34	14.2	87.8	12.2	0	15
N°4	4.75	1195.60	12.0	99.8	0.2		5
Fondo		22.16	0.2	100.0	0.0		
TOTAL		10000					

Fuente: Elaboración propia

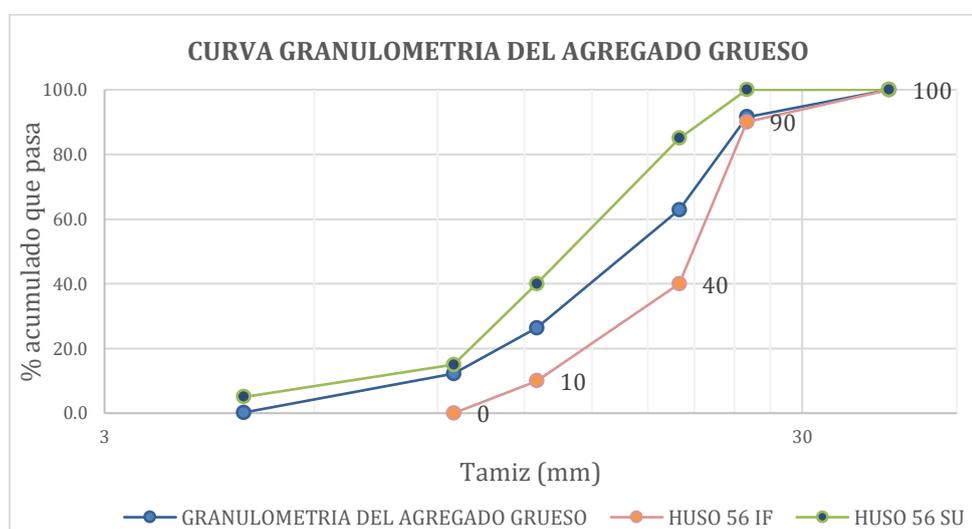


Gráfico N° 2: Granulometría del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de los resultados se encuentra especificada en el Anexo A

### 3.3. ENSAYO DE MAXIMA COMPACTACION DEL AGREGADO GLOBAL

Este método está basado en el criterio del mejor acomodo de los gruesos y los finos, a esta característica le corresponde el valor del máximo Peso Unitario Compactado (PUC), ya que permite una mejor compacidad del agregado. Para hallar las proporciones óptimas se obtienen varios valores probables y luego se gráfica eligiéndose el par correspondiente al pico mayor de la curva.

Los resultados de las combinaciones de los agregados se toman con una variación porcentual de 3% como 44%, 47%, 50%, 53% y 56% de agregado fino y la diferencia de agregado grueso, las cuales se muestran en el cuadro N° 8 Y el

gráfico N° 3.

Cuadro N° 8: Compacidad del agregado global

AGREGADO GLOBAL							
ARENA (%)	PIEDRA (%)	MUESTRA I (kg)	MUESTRA II (kg)	PESO PRIMEDIO (kg)	PESO BALDE (kg)	Peso del agregado global (kg)	P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )
44	56	23.15	23.11	23.10	4.40	18.8	1988.6
47	53	23.39	23.70	23.50	4.40	19.2	2032.5
50	50	23.38	23.90	23.60	4.40	19.3	2042.6
53	47	23.03	23.37	23.20	4.40	18.8	1996.0
56	44	23.23	23.10	23.20	4.40	18.8	1992.3
VOL. DE BALDE:				1/3 pie <sup>3</sup> =	0.00944	m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia

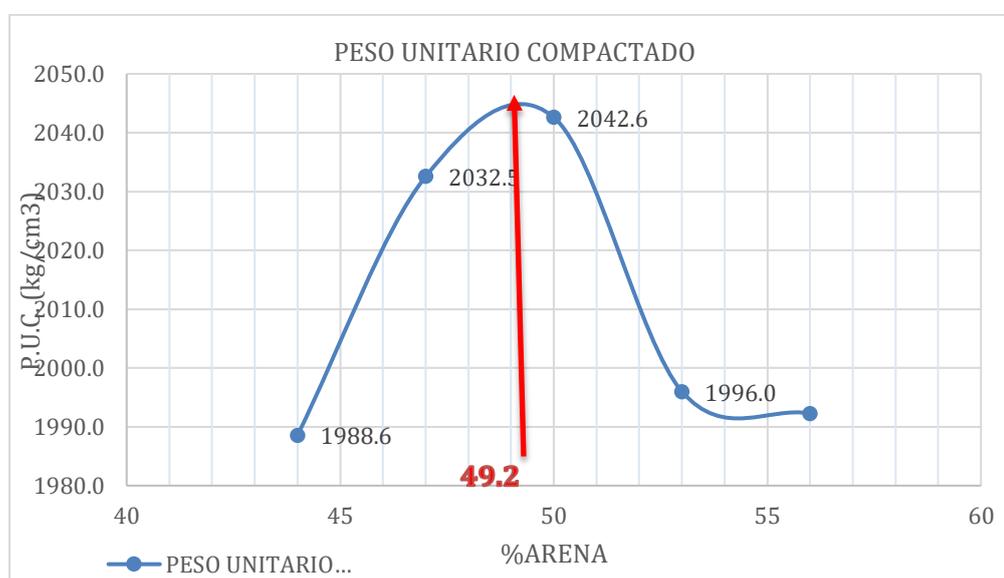


Gráfico N° 3: Granulometría del agregado global

Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior se toma el punto más alto ubicado del P.U.C., siendo este valor superior a 2042.6 kg/m<sup>3</sup> que permite las proporciones del agregado a usar, siendo de 49.2% de agregado fino y 50.8% de agregado grueso llegando a una mejor compacidad. A diferencia de la tabla 6.3.6 del ACI211. Que darían 39% de agregado fino y 61% de agregado grueso.

Luego se analiza la granulometría del agregado global con los porcentajes de agregado fino y agregado grueso según la máxima compacidad de la curva del gráfico N° 3. Se muestran en el cuadro N° 9 y el gráfico N° 4 y N° 5.

Cuadro N° 9: Granulometría del agregado global

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL								
Malla	ABERTURA (mm)	% ret. arena	%ret. piedra	%ret. A (49.2%)	%ret. P (50.8%)	%Ret. Total	%Retenido acumulado	%Acumulado que Pasa
2"	50		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25		8.43	0.00	4.28	4.28	4.28	95.72
3/4"	19.0		28.75	0.00	14.60	14.60	18.89	81.11
1/2"	12.5		36.47	0.00	18.53	18.53	37.41	62.59
3/8"	9.5		14.17	0.00	7.20	7.20	44.61	55.39
N°4	4.75	0.05	11.96	0.02	6.07	6.10	50.71	49.29
N°8	2.36	12.83	0.22	6.31	0.11	6.43	57.14	42.86
N°16	1.18	29.71		14.62		14.62	71.75	28.25
N°30	0.6	28.91		14.23		14.23	85.98	14.02
N°50	0.3	18.24		8.98		8.98	94.96	5.04
N°100	0.15	7.28		3.58		3.58	98.54	1.46
Fondo	0	2.97		1.46		1.46	100.00	0.00
TOTAL		100.00	100.00	49.20	50.80		100.00	

Fuente: Elaboración propia

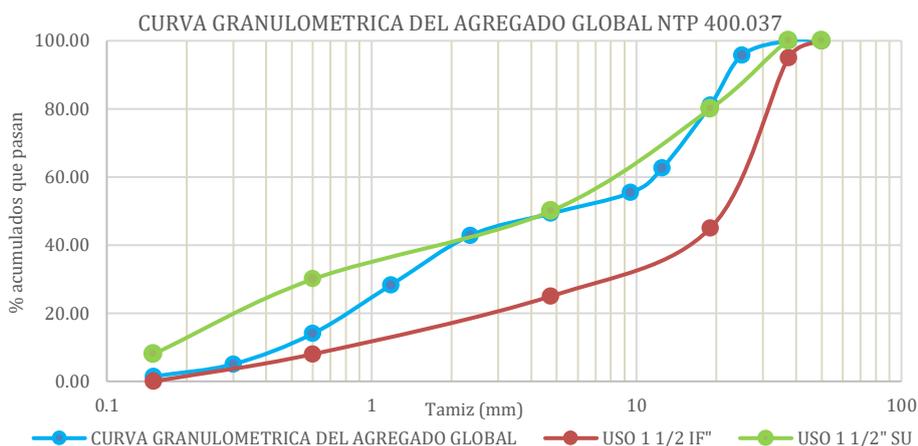


Gráfico N° 4: Curva granulométrica del agregado global NTP 400.037

Fuente: Elaboración propia

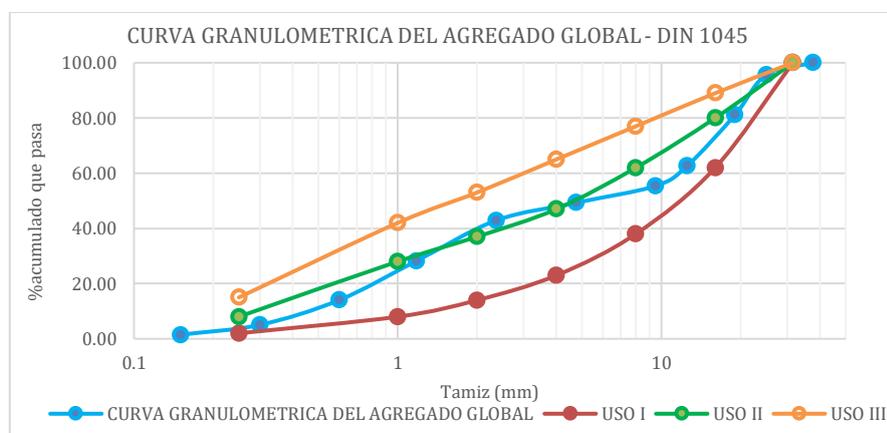


Gráfico N° 5: Curva granulométrica del agregado global huso DIN 1045

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONCRETO FRESCO**

### **4.1. GENERALIDADES**

En el Perú se aplican diferentes métodos de diseño de mezclas que presentan tablas y gráficos para la estimación de agua en relación del tamaño máximo nominal, la geometría del agregado y el asentamiento, también relaciones agua – cemento concordantes con resistencias a la compresión experimentales, proporciones de los agregados finos y agregado grueso, en consecuencia el concreto resultante debe considerarse un material de ensayo cuyas proporciones se establecen en función de los resultados de laboratorio y condiciones de obra

### **4.2. METODOS DE DISEÑO**

#### **4.2.1. Método del comité ACI211:**

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a la compresión y la desviación estándar de la compañía
- Selección del TMN, asentamiento, volumen unitario de agua y relación a/c por resistencia y durabilidad.
- Determinación del factor cemento, contenido de agregado grueso
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos del cemento, agua de diseño y agregado grueso y volumen absoluto de fino
- Determinación de los valores de diseño de cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso, correcciones y de la proporción en peso por tanda

#### **4.2.2. Método por la relación agua/cemento**

- Cuando no se tenga información de registros de ensayo, se podrá seleccionar la relación agua/cemento para concretos con o sin aire incorporado en función de la resistencia a la compresión
- Los concretos preparados con proporciones seleccionadas con la relación agua/cemento deben cumplir con los requisitos en durabilidad y los criterios para la resistencia a la compresión

#### **4.2.3. Método del módulo de finura de la combinación de agregados**

En este método los contenidos de agregado fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta en función de la relación agua/cemento y el contenido absoluto de agua

Cuadro N° 10: Comparación de los métodos de diseño

CUADRO COMPARATIVO DE LOS METODOS DE DISEÑO					
PASO	ASPECTO TEORICO DEL DISEÑO	METODO ACI 211	METODO WALKER	METODO RELACION AGUA/CEMENTO	METODO DE MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE LOS AGREGADOS
1	PLANOS Y ESPECIFICACIONES				
2	RESISTENCIA REQUERIDA DESVIACION ESTANDAR COEFICIENTE DE VARIACION	1 RESISTENCIA REQUERIDA DESVIACION ESTANDAR	1 RESISTENCIA REQUERIDA DESVIACION ESTANDAR	1 PRUEBAS ANTERIORES	1 RESISTENCIA PROMEDIO
3	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL
4	ASENTAMIENTO	3 ASENTAMIENTO	3 ASENTAMIENTO		3 ASENTAMIENTO
5	AGUA DE DISEÑO	4 AGUA DE DISEÑO	4 AGUA DE DISEÑO		4 AGUA DE DISEÑO
6	AIRE	5 AIRE	5 AIRE		5 AIRE
7	RELACION A/C RESISTENCIA	6 RELACION A/C	6 RELACION A/C		6 AGUA/CEMENTO
8	RELACION A/C DURABILIDAD	RESISTENCIA DURABILIDAD	RESISTENCIA DURABILIDAD		
9	RELACION A/C FINAL				
10	FACTOR CEMENTO	7 FACTOR CEMENTO	7 FACTOR CEMENTO	2 CONTROL	7 FACTOR CEMENTO
11	AGREGADO FINO AGREGADO GRUESO	8 AGREGADO GRUESO 9 VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO AGUA AIRE AGREGADO GRUESO 10 VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO FINO 11 PESO SECO AGREGADO FINO	8 VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO AGUA AIRE 9 VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO TOTAL 10 PORCENTAJE AGREGADO FINO 11 VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO GRUESO 12 PESO SECO AGREGADO FINO AGREGADO GRUESO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL ASENTAMIENTO (AGUA) AIRE RELACION A/C FACTOR CEMENTO AGREGADO FINO AGREGADO GRUESO	8 VOLUMEN ABSOLUTO PASTA 9 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO 10 MODULO DE FINURA DE LA COMBIACION 11 PORCENTAJE DE FINO 12 VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO GRUESO AGREGADO FINO 13 PESOS SECOS
12	DISEÑO SECO	12 DISEÑO SECO CEMENTO AGUA AIRE AGREGADO FINO AGREGADO GRUESO	12 PESO SECO AGREGADO FINO AGREGADO GRUESO		14 DISEÑO SECO
13	DISEÑO HUMEDO	13 DISEÑO HUMEDO	13 DISEÑO HUMEDO	3 PROPORCIONES OBRA	15 CORRECCION HUMEDAD
14	REAJUSTE DE LABORATORIO	14 PROPORCIONES DISEÑO OBRA	14 PROPORCIONES DISEÑO OBRA	4 TANDA POR BOLSA TANDA ESPECIFICA	16 PROPORCION EN SECO
15	REAJUSTE OBRA	15 TANDA POR BOLSA TANDA ESPECIFICA	15 TANDA POR BOLSA ESPECIFICA	5 RESULTADOS RESISTENCIA VS A/C	17 TANDA POR BOLSA TANDA ESPECIFICA

Fuente: Rafael Cachay Huamán

### 4.3. ESTUDIO TEÓRICO DEL MÉTODO DEL AGREGADO GLOBAL

#### 4.3.1. Introducción

Existen métodos de diseño para la dosificación de concreto. Siendo el método del agregado global un complemento de los métodos mencionados en el cuadro N° 10 y efectuando estos métodos de una manera racional y admitiendo mejoras para que los resultados obtenidos sean más prácticos.

En términos generales se elige una relación agua – cemento basándose en la resistencia y durabilidad que se requiera, así obtener la relación más óptima del agregado fino y el agregado grueso que presente la trabajabilidad necesaria y suficiente al mezclarse con el agua y cemento; tomando en cuenta que no se busca una precisión exacta sino tomarla como una referencia para una opción inicial de los diseños en obra.

Se dice que, “El concreto de distinta composición granulométrica requiere dosis de agua muy distinta para obtener iguales o parecidas consistencias en el concreto fresco y con un mismo grado de trabajabilidad”. (Dr. Alfredo Hummel, 1966).

En 1917 en Norteamérica, Richard B. Fuller y J. Thompson proponen una curva granulométrica continua y basa en ella un método de dosificación científica de concreto que registra como “método de Fuller”, donde sustentaba la tesis de que “la calidad de un concreto no depende solamente de la cantidad de cemento que se coloque en la mezcla, sino que, usando agregados con una curva granulométrica más adecuada pueden mejorarse la resistencia mecánica y otras características que hacen a la bondad.

En 1925 en Suiza, el Profesor Bolomey propone también una curva granulométrica continua, pero que también incluía el cemento. Al mismo tiempo el Profesor Caquot, en Francia, encontró una solución matemática para la composición granulométrica de los concretos nombrada el efecto pared.

Luego fue utilizados, también en Francia por Faury y Joisel para su aplicación práctica en sus métodos de dosificación de concretos por “curvas de referencia”.

Hoy en día estas curvas se encuentran normalizadas para los diferentes tamaños

máximos del agregado grueso, estas curvas son usadas en lugares como Italia, Alemania, Francia, España, como es la norma DIN 1045 la cual se toma en cuenta en la tesis y presenta curvas referenciales normalizadas para los tamaños máximos nominales de 8 mm, 16 mm, 31.5 mm y 63 mm, considerando la N.T.P. 400.037

#### 4.3.2. Descripción del método

Como se sabe en el diseño de mezclas se trata de buscar las proporciones que sean más económicas para obtener un concreto en estado plástico con trabajabilidad y cohesión necesaria y en estado endurecido de compresión y durabilidad óptima.

Este método del agregado global basado en la granulometría de los agregados finos, agregado grueso y la combinación de los agregados obtenido una buena relación entre buena trabajabilidad y menor contenido de pasta. Si el agregado fino es menor al requerido se tornará mezclas ásperas, segregables y difícil de manipular, mientras que un exceso en el agregado fino se tornará mezclas con problemas en de retracción y más costosas con resistencias menores. Esta combinación de los agregados estará dentro de los husos a usar de la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.037 en el cuadro N° 11.

Cuadro N° 11: Husos granulométricos NTP 400.037

Malla	USO 1 1/2"		USO 3/4"	USO 3/8"	
	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
2"	100	100			
1 1/2"	95	100	100		
1"	60	90	100		
3/4"	45	80	100		
1/2"	35	68	80	100	100
3/8"	30	58	65	95	100
N°4	25	50	55	30	65
N°8	20	45	48	20	50
N°16	14	38	42	15	40
N°30	8	30	35	10	30
N°50	3	20	20	5	15
N°100	0	8	8	0	8
Fondo	0	0	0	0	0

Fuente: N.T.P. 400.037

La similitud en la curva DIN 1045 (normalizados) para tamaños máximos nominales

presentado en el cuadro N° 12.

Cuadro N° 12 Husos granulométricos DIN 1045

ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA		
	I	II	III
31.5	100	100	100
16	62	80	89
8	38	62	77
4.0	23.0	47	65
2	14	37	53
1	8	28	42
0.25	2	8	15

Fuente: Norma técnica alemana DIN 1045

#### 4.4. SECUENCIA DE LA METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE LA MEZCLA

Este estudio está basado en relaciones agua/cemento de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 así también obtener asentamientos entre 6" a 7" buscando una resistencia de media a alta con uso de aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 con cemento portland tipo I, luego se agrega aditivo a cada relación agua/cemento en las proporciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respecto al peso del cemento y durabilidad en el diseño de mezclas, el comportamiento deberá cumplir con las propiedades en estado fresco y que la mezcla permita una adecuada trabajabilidad; en el estado endurecido obtener valores de alta resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral de los 16 tipos de diseños (4 del concreto patrón y 12 diseños del concreto con el aditivo usado).

#### 4.5. DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN

Para la obtención de la combinación de agregados para la mezcla del concreto patrón, se realizó la máxima compactación en los agregados por medio del ensayo de peso unitario del agregado global siendo los más económicos y suficientemente necesarios para la obra.

Las proporciones calculadas para el concreto patrón serán las mismas para los concretos de diferentes relaciones agua cemento, se trabajó con tres relaciones agua/cemento de 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, una vez halladas las proporciones óptimas de agregados con esas proporciones vaciaremos las probetas para curarlos en el pozo.

#### 4.5.1. Cálculo de la cantidad de agua

Después de obtener el PUC del agregado global, para el cálculo de la cantidad de agua (lt/m<sup>3</sup>) correspondiente a un determinado asentamiento necesario para el diseño, se realizan diversos tanteos con el objetivo de hallar la cantidad de agua correspondiente al asentamiento requerido.

Para la relación a/c de 0.50 primero experimentalmente en el laboratorio se elige tres valores de agua para el diseño: 210, 220 y 230 lt/m<sup>3</sup>, con la finalidad de que el asentamiento se aproxime de 6" a 7" para asegurar la trabajabilidad requerida en el diseño.

La cantidad de cemento se obtiene de la relación a/c, la cantidad de agregado fino y agregado grueso de los porcentajes del análisis PUC desarrollados en el capítulo anterior.

Se estimó el aire atrapado para el T.M.N. de 1", en este caso 1.5% presentado en la tabla 6.3.3 ACI211. Los diseños se muestran en el cuadro N° 13, N° 14, N° 15

Cuadro N° 13: Diseño de mezcla para 210 l/m<sup>3</sup>

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m <sup>3</sup> )	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 30 kg	
0.5	CEMENTO	420.00	0.13	1.00	420.00	1.00	5.40	
	AGUA	<b>210.00</b>	0.21	0.50	208.32	0.50	2.68	
	AIRE		0.02					
	VOL AGREGADOS			0.64				
	ARENA	774.25	0.32	1.84	810.02	1.93	10.42	
	PIEDRA	889.01	0.33	2.12	893.72	2.13	11.50	
sump	3.8"					5.55	30.00	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 14: Diseño de mezcla para 220 l/m<sup>3</sup>

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m <sup>3</sup> )	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 30 kg	
0.5	CEMENTO	440.00	0.14	1.00	440.00	1.00	5.69	
	AGUA	<b>220.00</b>	0.22	0.50	218.36	0.50	2.83	
	AIRE		0.02					
	VOL AGREGADOS			0.63				
	ARENA	754.52	0.31	1.71	789.38	1.79	10.21	
	PIEDRA	866.36	0.32	1.97	870.95	1.98	11.27	
sump	6.4"					5.27	30.00	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 15: Diseño de mezcla para 230 i/m<sup>3</sup>

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m <sup>3</sup> )	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 30 kg
0.5	CEMENTO	460.00	0.15	1.00	460.00	1.00	5.99
	AGUA	<b>230.00</b>	0.23	0.50	228.40	0.50	2.97
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.61				
	ARENA	734.80	0.30	1.60	768.74	1.67	10.00
	PIEDRA	843.71	0.31	1.83	848.18	1.84	11.04
slump	7.7"					5.01	30.00

Fuente: Elaboración propia

Los Slump obtenidos en el cuadro N° 16, y el gráfico N° 6, se muestran continuación:

Cuadro N° 16: Cantidad de agua vs Asentamiento

Relación de la cantidad de agua con el asentamiento	
Cantidad de agua (l/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (pulg)
210	3.8"
220	6.4"
230	7.7"

Fuente: Elaboración propia

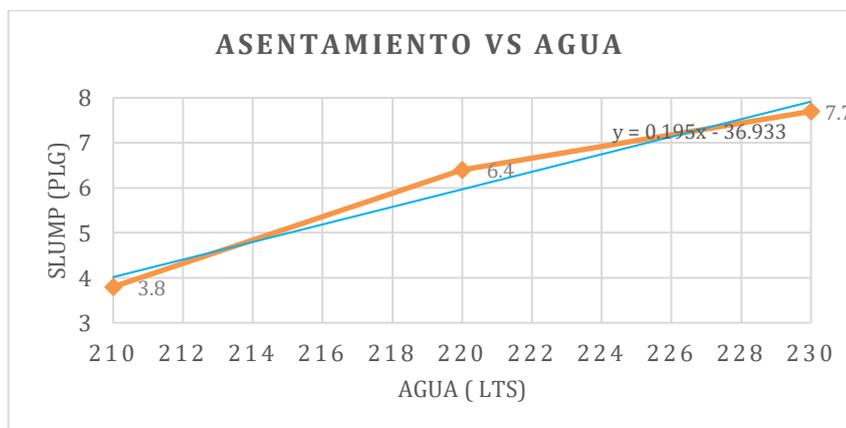


Gráfico N° 6: Slump vs Agua

Fuente: Elaboración propia

Del resultado de la cantidad de agua requerida para un asentamiento entre 6" a 7", escogiendo como promedio 6.5", la cual será el agua para el diseño patrón. En este caso se toma una cantidad de agua según el gráfico de 223 lts/m<sup>3</sup>.

#### 4.5.2. Porcentaje de agregado grueso/fino según resistencia

Se realizó el ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado global obteniendo un primer porcentaje óptimo de agregados, sin embargo, no es suficiente debido a

que los cálculos de los porcentajes de agregados hallados se basan solo en la granulometría del agregado. En esta etapa se tiene variables más precisas como la cantidad de agua hallada y en consecuencia el cemento para este caso se calcula por resistencia experimental mediante la compresión axial y traslapa a esta nueva curva.

Se diseña una vez más para una relación agua/cemento de 0.50 pero ahora manteniendo constante el agua patrón y variando el porcentaje de agregados en un +/- 3% para obtener una curva representativa como se puede ver en los Cuadros N° 17, N° 18; N° 19, N° 20, de los porcentajes de PUC óptimos, obtenido. Se dejará curar durante 7 días las probetas para realizar el ensayo de compresión axial y obtener el gráfico N° 7 la resistencia vs % arena.

Cuadro N° 17: Variación del %arena para probetas a los 7 días

VARIACION	%ARENA	%PIEDRA
-3%	46.25	53.75
0%	49.25	50.75
3%	52.25	47.75

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 18: Diseño para arena=46.25% y piedra=53.75%

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 54kg	
0.50	CEMENTO	446.00	0.14	1.00	446.00	1.00	5.79	
	AGUA	223.00	0.22	0.50	223.02	0.50	2.90	
	AIRE		0.02					
	VOL. AGREGADOS			0.62				
	ARENA	694.40	0.29	1.56	725.51	1.63	9.42	
	PIEDRA	910.38	0.33	2.04	915.20	2.05	11.89	
sump	6.1"					5.18	30.00	

Fuente: Elaboración propia

De manera similar se obtiene.

Cuadro N° 19: Diseño para arena=49.25% y piedra=50.75%

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 54kg	
0.50	CEMENTO	446.00	0.14	1.00	446.00	1.00	5.80	
	AGUA	223.00	0.22	0.50	222.48	0.50	2.90	
	AIRE		0.02					
	VOL. AGREGADOS			0.62				
	ARENA	739.44	0.31	1.66	772.57	1.73	10.05	
	PIEDRA	859.57	0.31	1.93	864.12	1.94	11.25	
sump	6.8"					5.17	30.00	

Fuente: Elaboración propia

De manera similar se obtiene.

Cuadro N° 20: Diseño para arena=52.25% y piedra= 47.75%

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 54kg	
0.50	CEMENTO	446.0000	0.14	1.00	446.00	1.00	5.82	
	AGUA	223.0000	0.22	0.50	221.94	0.50	2.89	
	AIRE		0.02					
	VOL. AGREGADOS			0.62				
	ARENA	784.4808	0.32	1.76	819.63	1.84	10.69	
	PIEDRA	808.7545	0.30	1.81	813.04	1.82	10.60	
sump	5.8					5.16	30.00	

Fuente: Elaboración propia

Se obtienen las resistencias a compresión a los 7 días de curado de las probetas en el cuadro N°21, a continuación:

Cuadro N° 21: Resultado a la compresion axial a los 7 dias de curado

%ARENA	%PIEDRA	RESISTENCIA (kg/cm2)	tiempo de curado
46.25	53.75	298.67	7
49.25	50.75	315.00	7
52.25	47.75	301.00	7

Fuente: Elaboración propia

Luego el gráfico N° 7 correspondiente a la resistencia vs % de arena.

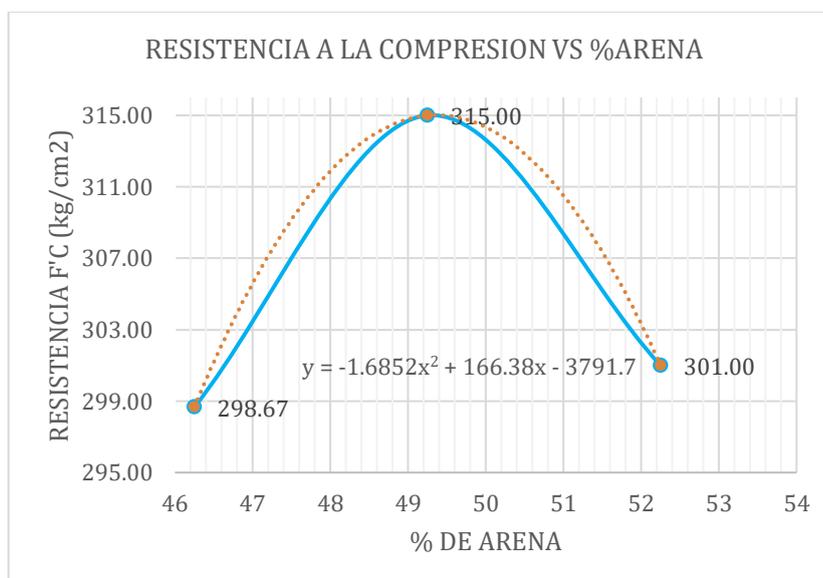


Gráfico N° 7: Curva de resistencia vs % arena

Fuente: Elaboración propia

Ahora compararemos con la curva de P.U.C. antes realizada superponiendo con

el gráfico N° 03 de PUC antes realizado.

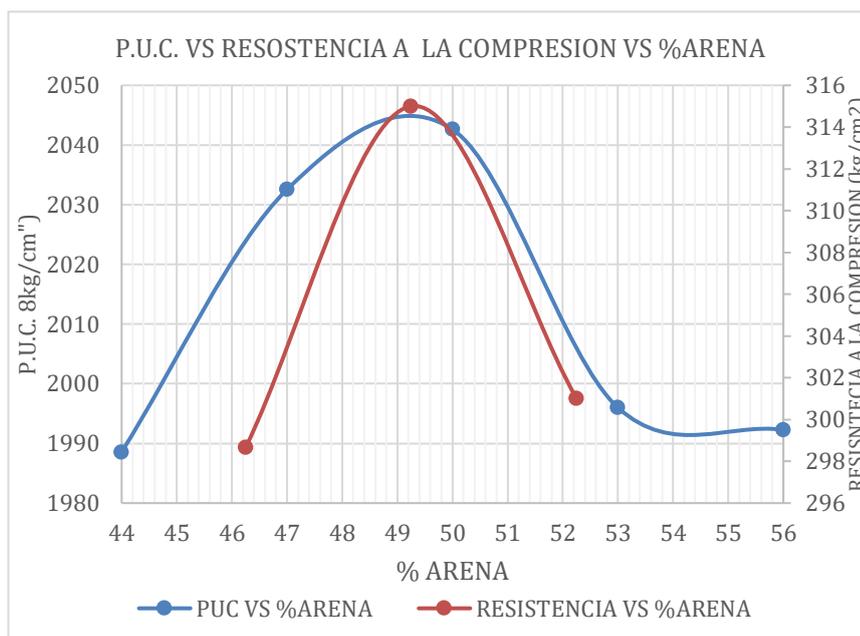


Gráfico N° 8: Traslape de curvas por granulometría y resistencia vs % arena

Fuente: Elaboración propia

De esta superposición de ambos gráficos se considera como la combinación de los porcentajes agregados más óptima la cantidad siguiente:

$$\% \text{Arena} = 49.37\% \quad \% \text{Piedra} = 50.63\%$$

#### 4.5.3. Dosificación del concreto patrón

Se presenta un cuadro resumen de los cálculos realizados y estos serán aplicados para las de las relaciones de a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 los cuadros N° 22, N° 23, N° 24 y N° 25 a continuación:

Cuadro N° 22: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.45

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 80kg
0.45	CEMENTO	531.11	0.17	1.00	531.11	1.00	18.46
	AGUA	<b>239.00</b>	0.24	0.45	237.46	0.45	8.25
	AIRE		0.02				
	<b>VOL AGREGADOS</b>		<b>0.58</b>				
	ARENA	698.39	0.29	1.31	730.66	1.38	25.40
	PIEDRA	798.07	0.29	1.50	802.30	1.51	27.89
slump 6.1"						4.33	80.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.50

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 80kg	
0.50	CEMENTO	446.00	0.14	1.00	446.00	1.00	15.42	
	AGUA	<b>223.00</b>	0.22	0.50	221.35	0.50	7.65	
	AIRE		0.02					
	VOL AGREGADOS			0.62				
	ARENA	750.43	0.31	1.68	785.10	1.76	27.14	
	PIEDRA	857.53	0.31	1.92	862.08	1.93	29.80	
slump	6"					5.19	80.00	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 24: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.55

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 80kg	
0.55	CEMENTO	390.91	0.12	1.00	390.91	1.00	13.49	
	AGUA	<b>215.00</b>	0.22	0.55	213.28	0.55	7.36	
	AIRE		0.02					
	VOL AGREGADOS			0.65				
	ARENA	781.26	0.32	2.00	817.35	2.09	28.20	
	PIEDRA	892.76	0.33	2.28	897.50	2.30	30.96	
slump	6.3"					5.93	80.00	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Diseño del concreto patrón para la relación a/c=0.60

agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO 80kg	
0.60	CEMENTO	356.67	0.11	1.00	356.67	1.00	12.33	
	AGUA	<b>214.00</b>	0.21	0.60	211.98	0.59	7.33	
	AIRE		0.02					
	VOL AGREGADOS			0.66				
	ARENA	815.92	0.33	2.29	853.62	2.39	29.52	
	PIEDRA	886.55	0.32	2.49	891.25	2.50	30.82	
slump	6.2"					6.49	80.00	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. DISEÑO DE CONCRETO CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Los estudios del concreto con aditivo son basados con el diseño del concreto patrón al que se le agrega el aditivo, este se referencia en las propiedades indicadas en su hoja técnica MASTER EASE 3900, el cual reduce la cantidad de agua según el porcentaje de aditivo agregado.

Las dosificaciones iniciales recomendadas fueron de 0.72%, 1.00%, 1.18% sobre el peso del cemento, para lograr ello y conservar conseguir el objetivo de conservar las condiciones de trabajabilidad constante y la misma presentada en el diseño de concreto patrón, se busca un asentamiento entre 6" a 7" rango que se fue desde el inicio de la investigación.

Se presenta los cuadros resumen de todos los resultados de la cantidad de aditivo proporcionado en los diseños.

#### 4.6.1. Diseño M1 a/c 0.45 + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) p.c.

Cuadro N° 26: Diseño de a/c=0.45 + aditivo= 0.72%p.c

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.45	CEMENTO	531.11	0.17	1.00	531.11	1.00	18.98
	AGUA	<b>181.39</b>	0.18	0.34	179.86	0.34	6.43
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.63				
	ARENA	763.87	0.31	1.44	726.26	1.37	25.95
	PIEDRA	872.89	0.32	1.64	797.47	1.50	28.50
	ADITIVO	3.82	0.00	0.01	3.82	0.01	0.14
<b>Asentamiento 6.9"</b>					<b>total</b>	<b>4.21</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>181.39</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>57.61</b>	<b>lt/m3</b>
<b>Aditvo =</b>		<b>0.72 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>24.10 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 27: Diseño de a/c=0.45 + aditivo = 1.00%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.45	CEMENTO	531.11	0.17	1.00	531.11	1.00	19.20
	AGUA	<b>158.28</b>	0.16	0.30	156.76	0.30	5.67
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.65				
	ARENA	790.19	0.32	1.49	724.55	1.36	26.19
	PIEDRA	902.96	0.33	1.70	795.59	1.50	28.76
	ADITIVO	5.31	0.00	0.01	5.31	0.01	0.19
<b>Asentamiento 7.2"</b>					<b>total</b>	<b>4.17</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>158.28</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>80.72</b>	<b>lt/m3</b>
<b>Aditvo =</b>		<b>1.00 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>33.77 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 28: Diseño de a/c=0.45 + aditivo = 1.18%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.45	CEMENTO	531.11	0.17	1.00	531.11	1.00	19.24
	AGUA	<b>154.37</b>	0.15	0.29	152.85	0.29	5.54
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.66				
	ARENA	793.87	0.32	1.49	723.45	1.36	26.21
	PIEDRA	907.18	0.33	1.71	794.39	1.50	28.78
	ADITIVO	6.27	0.01	0.01	6.27	0.01	0.23
<b>Asentamiento 6.6</b>					<b>total</b>	<b>4.16</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>154.37</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>84.63 lt/m3</b>	
<b>Aditivo =</b>		<b>1.18 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido=</b>		<b>35.41 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.2. Diseño M2 a/c 0.50 + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) p.c.

Cuadro N° 29: Diseño de a/c=0.50 + aditivo = 0.72%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.50	CEMENTO	446.00	0.14	1.00	446.00	1.00	15.74
	AGUA	<b>180.28</b>	0.18	0.40	178.64	0.40	6.30
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.66				
	ARENA	798.57	0.33	1.79	781.41	1.75	27.57
	PIEDRA	912.54	0.33	2.05	858.02	1.92	30.27
	ADITIVO	3.21	0.00	0.01	3.21	0.01	0.11
<b>Asentamiento 6.6"</b>					<b>total</b>	<b>5.08</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>180.28</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>42.72 lt/m3</b>	
<b>Aditivo =</b>		<b>0.72 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>19.16 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 30: Diseño de a/c=0.50 + aditivo = 1.00%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.50	CEMENTO	446.00	0.14	1.00	446.00	1.00	15.95
	AGUA	<b>151.68</b>	0.15	0.34	150.04	0.34	5.37
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.69				
	ARENA	831.80	0.34	1.87	779.97	1.75	27.89
	PIEDRA	950.51	0.35	2.13	856.44	1.92	30.63
	ADITIVO	4.46	0.00	0.01	4.46	0.01	0.16
<b>Asentamiento 6.8"</b>					<b>total</b>	<b>5.02</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>151.68</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>71.32 lt/m3</b>	
<b>Aditivo =</b>		<b>1.00 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido=</b>		<b>31.98 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 31: Diseño de a/c=0.50 + aditivo = 1.18%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.5	CEMENTO	446.00	0.14	1.00	446.00	1.00	16.01
	AGUA	<b>143.91</b>	0.14	0.32	142.27	0.32	5.11
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.69				
	ARENA	840.31	0.34	1.88	779.04	1.75	27.97
	PIEDRA	960.24	0.35	2.15	855.43	1.92	30.72
	ADITIVO	5.26	0.00	0.01	5.26	0.01	0.19
<b>Asentamiento 7.0"</b>					<b>total</b>	<b>5.00</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>143.91</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>79.09 lt/m3</b>	
<b>Aditivo =</b>		<b>1.18 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>35.47 %</b>	

Fuente: elaboración propia

#### 4.6.3. Diseño M3 a/c 0.55 + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) p.c.

Cuadro N° 32: Diseño de a/c=0.55 + aditivo = 0.72%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.55	CEMENTO	390.91	0.12	1.00	390.91	1.00	13.72
	AGUA	<b>179.20</b>	0.18	0.46	177.49	0.45	6.23
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.68				
	ARENA	821.47	0.34	2.10	814.12	2.08	28.57
	PIEDRA	938.71	0.34	2.40	893.94	2.29	31.38
	ADITIVO	2.81	0.00	0.01	2.81	0.01	0.10
<b>Asentamiento 6.7"</b>					<b>total</b>	<b>5.83</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>179.20</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>35.80 lt/m3</b>	
<b>Aditivo =</b>		<b>0.72 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>16.65 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 33: Diseño de a/c=0.55 + aditivo = 1.00%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.55	CEMENTO	390.91	0.12	1.00	390.91	1.00	13.92
	AGUA	<b>148.23</b>	0.15	0.38	146.52	0.37	5.22
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.71				
	ARENA	857.72	0.35	2.19	812.86	2.08	28.94
	PIEDRA	980.14	0.36	2.51	892.56	2.28	31.78
	ADITIVO	3.91	0.00	0.01	3.91	0.01	0.14
<b>Asentamiento 6.9"</b>					<b>total</b>	<b>5.75</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>148.23</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>66.77 lt/m3</b>	
<b>Aditivo =</b>		<b>1.00 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>31.05 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 34: Diseño de a/c=0.55 + aditivo = 1.18%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.55	CEMENTO	390.91	0.12	1.00	390.91	1.00	14.00
	AGUA	<b>136.61</b>	0.14	0.35	134.90	0.35	4.83
	AIRE		0.02				
	VOL AGREGADOS		0.72				
	ARENA	871.01	0.36	2.23	812.05	2.08	29.08
	PIEDRA	995.33	0.36	2.55	891.67	2.28	31.93
	ADITIVO	4.61	0.00	0.01	4.61	0.01	0.17
<b>Asentamiento 7.2"</b>					<b>total</b>	<b>5.72</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>136.61</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>78.39</b>	<b>lt/m3</b>
<b>Aditivo =</b>		<b>1.18 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>36.46 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.4. Diseño M4 a/c 0.60 + aditivo (0.72%, 1.00%, 1.18%) p.c.

Cuadro N° 35: Diseño de a/c=0.60 + aditivo = 0.72%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.60	CEMENTO	356.67	0.11	1.00	356.67	1.00	12.55
	AGUA	<b>176.66</b>	0.21	0.50	174.92	0.49	6.15
	AIRE		0.00				
	VOL AGREGADOS		0.67				
	ARENA	810.94	0.33	2.27	829.42	2.33	29.18
	PIEDRA	926.68	0.34	2.60	910.75	2.55	32.04
	ADITIVO	2.57	0.00	0.01	2.57	0.01	0.09
<b>Asentamiento 6.7"</b>					<b>total</b>	<b>6.38</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>176.66</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>37.34</b>	<b>lt/m3</b>
<b>Aditivo =</b>		<b>0.72 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>17.45 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 36: Diseño de a/c=0.60 + aditivo = 1.00%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg							
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg
0.60	CEMENTO	356.67	0.11	1.00	356.67	1.00	12.58
	AGUA	<b>174.11</b>	0.22	0.49	172.38	0.48	6.08
	AIRE		0.00				
	VOL AGREGADOS		0.67				
	ARENA	808.63	0.33	2.27	827.01	2.32	29.18
	PIEDRA	924.04	0.34	2.59	908.10	2.55	32.04
	ADITIVO	3.57	0.00	0.01	3.57	0.01	0.13
<b>Asentamiento 6.5"</b>					<b>total</b>	<b>6.36</b>	<b>80.00</b>
<b>Agua de diseño =</b>		<b>174.11</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>40.89</b>	<b>lt/m3</b>
<b>Aditivo =</b>		<b>1.00 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>19.02 %</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 37: Diseño de a/c=0.60 + aditivo = 1.18%p.c.

Diseño para tanda de 80 kg								
agua/cemento	MATERIAL	DISEÑO SECO (kg)	VOLUMEN ABS. (m3)	D.U.S.	D.O.	D.U.O	LABORATORIO kg	
0.60	CEMENTO	356.67	0.11	1.00	356.67	1.00	12.68	
	AGUA	<b>157.12</b>	0.22	0.44	155.38	0.44	5.53	
	AIRE		0.00					
	VOL AGREGADOS			0.67				
	ARENA	807.92	0.33	2.27	826.27	2.32	29.38	
	PIEDRA	923.23	0.34	2.59	907.29	2.54	32.26	
	ADITIVO	4.21	0.00	0.01	4.21	0.01	0.15	
<b>Asentamiento 6.9"</b>					<b>total</b>	<b>6.31</b>	<b>80.00</b>	
<b>Agua de diseño =</b>		<b>157.12</b>	<b>lt/m3</b>	<b>Reduccion de agua =</b>		<b>57.88 lt/m3</b>		
<b>Aditivo =</b>		<b>1.18 % peso de cemento</b>		<b>Porcentaje reducido =</b>		<b>26.92 %</b>		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. REDUCCION DE LA CANTIDAD DE AGUA

Como consecuencia del aditivo superplastificante reductor de agua se realizó el siguiente cuadro N° 38 donde se muestra la variación en la reducción de la cantidad de agua para cada mezcla Mi definida

Cuadro N° 38: Reducciones de las cantidades de agua

a/c	% de aditivo	agua de diseño (lt)	reduccion de agua(lt)	variacion %
0.45	0	239.00	0.00	0.00
	0.72	181.39	57.61	24.10
	1.00	158.28	80.72	33.77
	1.18	154.37	84.63	35.41
0.5	0	223.00	0.00	0.00
	0.72	180.28	42.72	19.16
	1.00	151.68	71.32	31.98
	1.18	143.91	79.09	35.47
0.55	0	215.00	0.00	0.00
	0.72	179.2	35.80	16.65
	1.00	148.23	66.77	31.06
	1.18	136.61	78.39	36.46
0.6	0	214.00	0.00	0.00
	0.72	176.66	37.34	17.45
	1.00	174.11	39.89	18.64
	1.18	157.12	56.88	26.58

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V: ENSAYOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla los ensayos experimentales de la mezcla en estado fresco y la fabricación de las probetas y vigas, tomando en cuenta que realizo con los equipos calibrados del laboratorio de ensayo de materiales de la UNI

### 5.1. ENSAYOS

Se detalla los ensayos realizados a continuación:

- Ensayos en estado fresco:
  - Consistencia
  - Precio Unitario
  - Fluidéz
  - Contenido de aire
  - Exudación
  - Tiempo de fragua inicial y final
  
- Ensayo en estado endurecido:
  - Ensayo en compresión axial
  - Ensayo de tracción por compresión diametral
  - Ensayo de flexión
  - Módulo de elasticidad
  - Ensayo de flexión viga simplemente apoyada

#### 5.1.1. Método de diseño utilizado

El método por el cual se obtuvo el concreto es el método del agregado global con las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 0.60; con porcentaje de agregados fino y grueso de 49.37% y 50.63% respectivamente; con porcentajes de aditivo de 0.72%, 1.00%, 1.18% relativos al peso de cemento utilizado.

#### 5.1.2. Propiedades del concreto en estado fresco

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

Este ensayo se realiza con el método del cono de Abrams con los siguientes materiales:

- Cono de Abrams (molde en forma de tronco de cono con un diámetro de 20 cm en la base inferior, 10 cm en la parte superior y 30 cm de altura).

- Varilla de 5/8" y 60 cm de longitud con los extremos redondeados y wincha

Procedimiento:

Se coloca el cono de Abrams sobre la plancha metálica plana

Luego se presiona las orejas del cono para darle firmeza y llenar en tres capas, cada capa de 1/3 del volumen del cono de Abrams y se compacta con la varilla 25 golpes uniformes distribuidos en forma de espiral del extremo hacia el centro.

La tercera capa se llenará con un exceso para que luego de compactar se pueda enraizar al nivel superior del molde.

Se levanta el cono de Abrams en forma vertical y se medirá la altura de asentamiento colocando la varilla encima del reverso del molde midiendo la diferencia entre la altura del molde y el centro desplazado.

Los resultados para la consistencia mediante el asentamiento para la mezcla de relación  $a/c = 0.45$ , se muestran en el cuadro N° 39 a partir de ello su respectivo gráfico N° 9.

Cuadro N° 39: Ensayo de asentamiento para la relación  $a/c = 0.45$

MEZCLA		ASENTAMIENTO	
relación $a/c$	Diseño	Slump (")	Conversión (pulg)
0.45	C.P.	6.10	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	6.90	113.11%
	C.P. + aditivo 1.00%	7.00	114.75%
	C.P. + aditivo 1.18%	6.60	108.20%

Fuente: Elaboración Propia

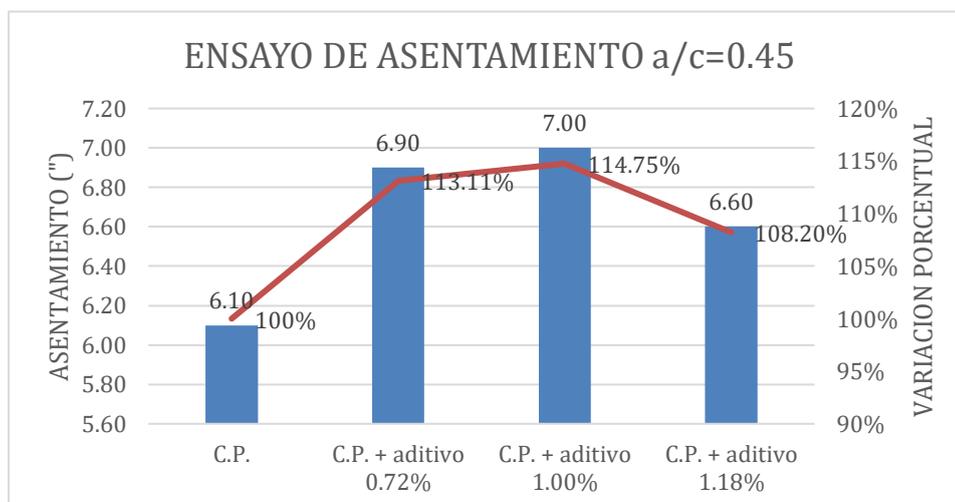


Gráfico N° 9: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c = 0.45$

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados para la consistencia mediante el asentamiento para la mezcla de relación  $a/c = 0.50$ , se muestran en el cuadro N° 40 a partir de ello su respectivo gráfico N° 10.

Cuadro N° 40: Ensayo de asentamiento para relación  $a/c = 0.50$

RESULTADOS DE CONSISTENCIA			
relación a/c	Diseño	Slump (")	variación respecto al C.P.
0.5	C.P.	6.00	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	6.60	110.00%
	C.P. + aditivo 1.00%	6.80	113.33%
	C.P. + aditivo 1.18%	7.00	116.67%

Fuente: Elaboración Propia

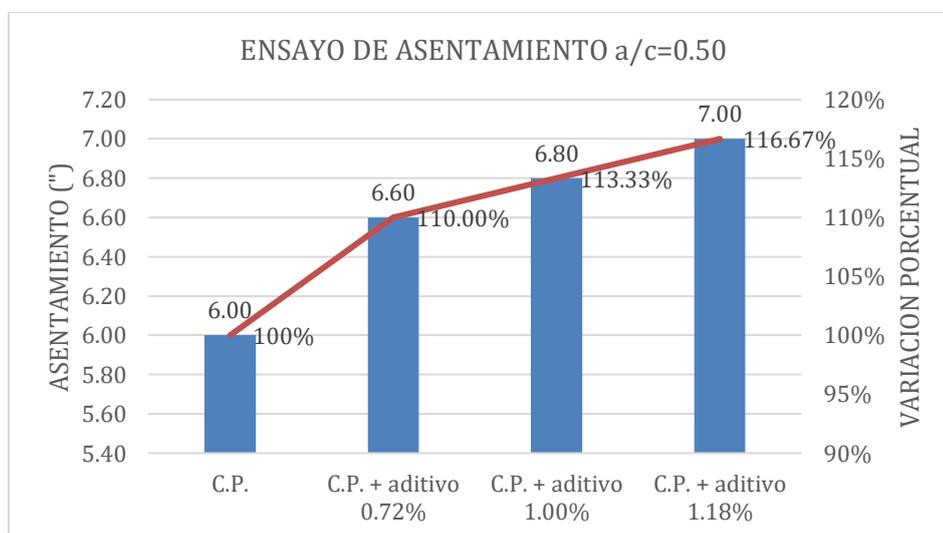


Gráfico N° 10: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c = 0.50$

Fuente: Elaboración Propia

De manera similar para la mezcla de relación  $a/c = 0.55$ , se muestran en el cuadro N° 41 a partir de ello su respectivo gráfico N° 11.

Cuadro N° 41: Ensayo de asentamiento para relación  $a/c = 0.55$

RESULTADOS DE CONSISTENCIA			
relación a/c	Diseño	Slump (")	variación respecto al C.P.
0.55	C.P.	6.30	100%
	C.P.+aditivo 0.72%	6.70	106.35%
	C.P.+aditivo 1.00%	6.90	109.52%
	C.P.+aditivo 1.18%	7.00	111.11%

Fuente: Elaboración Propia

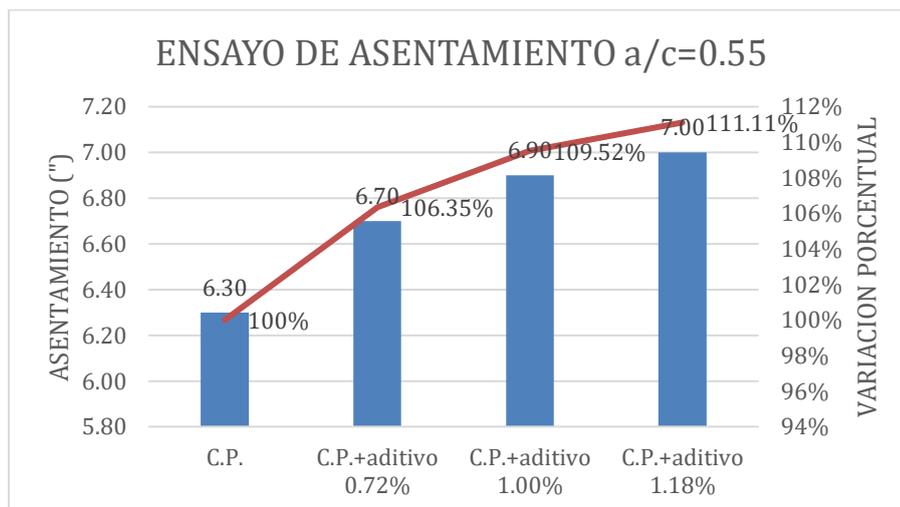


Gráfico N° 11: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.55

Fuente: Elaboración Propia

De manera similar para la mezcla de relación a/c= 0.60, se muestran en el cuadro N° 42 a partir de ello su respectivo gráfico N° 12.

Cuadro N° 42: Ensayo de asentamiento para la relación a/c= 0.60

RESULTADOS DE CONSISTENCIA			
relación a/c	Diseño	Slump (")	variación respecto al C.P.
0.6	C.P.	6.20	100%
	C.P.+aditivo 0.72%	6.70	108.06%
	C.P.+aditivo 1.00%	7.00	112.90%
	C.P.+aditivo 1.18%	6.90	111.29%

Fuente: Elaboración Propia

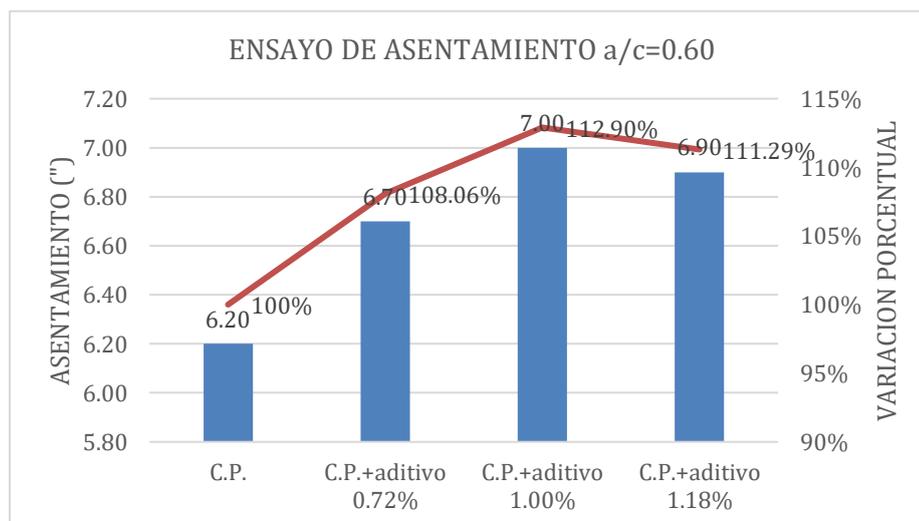


Gráfico N° 12: Ensayo de asentamiento y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.60

Fuente: Elaboración Propia

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

Con este ensayo se obtiene el peso del concreto fresco por cada metro cubico, para este ensayo se utilizó los siguientes materiales:

- Molde de 1/3 de pie cubico de capacidad
- Varilla de 5/8" y de 60 cm de longitud

Procedimiento:

Se llena en tres capas cada una con 25 golpes con la varilla en forma espiral.

Se da golpes ligeros las paredes del molde para quitar el aire atrapado en cada capa

En la tercera capa llenar en exceso y enrasar al tope para que sea pesado en la balanza.

Los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para la relación a/c= 0.45 se presentan en el cuadro N° 43 y su respectivo gráfico N° 13.

Cuadro N° 43: Ensayo de Peso Unitario para la relación a/c= 0.45

RESULTADOS DE PESO UNITARIO			
relación a/c	Diseño	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	variación respecto al C.P.
0.45	C.P.	2358.86	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	2419.77	102.58%
	C.P. + aditivo 1.00%	2427.72	102.92%
	C.P. + aditivo 1.18%	2438.31	103.37%

Fuente: Elaboración propia

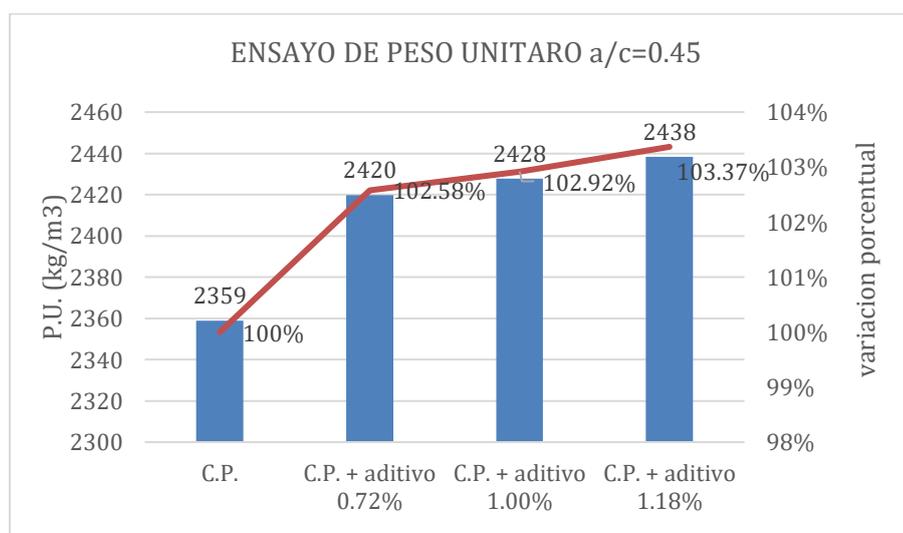


Gráfico N° 13: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.45

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para la relación a/c= 0.50 se presentan en el cuadro N° 44 y su respectivo gráfico N° 14.

Cuadro N° 44: Ensayo de Peso Unitario para la relación a/c= 0.50

RESULTADOS DE PESO UNITARIO			
relación a/c	Diseño	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	variación respecto al C.P.
0.5	C.P.	2369.98	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	2406.00	101.52%
	C.P. + aditivo 1.00%	2440.96	103.00%
	C.P. + aditivo 1.18%	2444.67	103.15%

Fuente: Elaboración propia

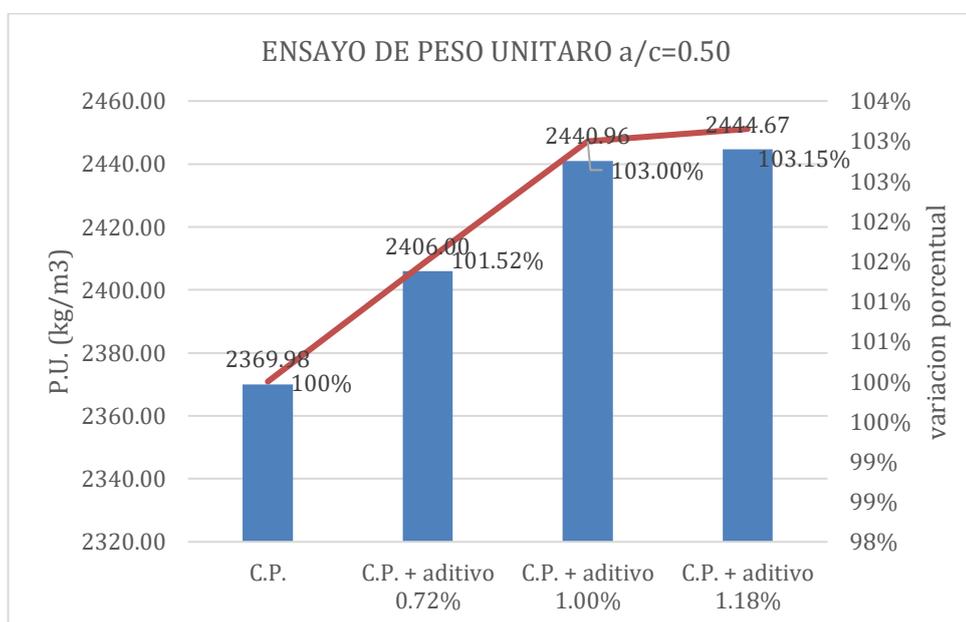


Gráfico N° 14: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para la relación a/c= 0.55 se presentan en el cuadro N° 45. y su respectivo gráfico N° 15.

Cuadro N° 45: Ensayo de Peso Unitario para la relación a/c= 0.55

RESULTADOS DE PESO UNITARIO			
relación a/c	Diseño	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	variación respecto al C.P.
0.55	C.P.	2367.33	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	2406.00	101.63%
	C.P. + aditivo 1.00%	2429.84	102.64%
	C.P. + aditivo 1.18%	2466.92	104.21%

Fuente: Elaboración propia

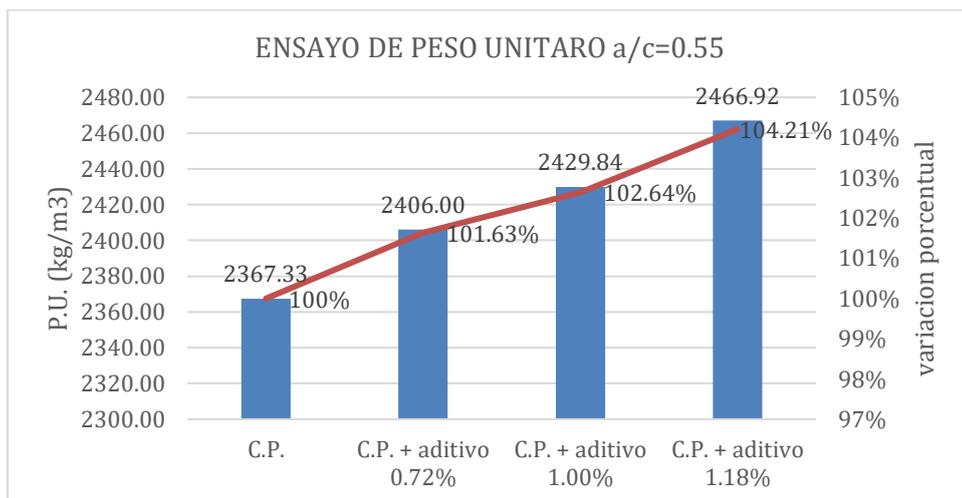


Gráfico N° 15: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.55

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de peso unitario del concreto para la relación a/c= 0.60 se presentan en el cuadro N° 46. y su respectivo gráfico N° 16.

Cuadro N° 46: Ensayo de Peso Unitario para la relación a/c= 0.60

RESULTADOS DE PESO UNITARIO			
relación a/c	Diseño	P.U. (kg/m3)	variación respecto al C.P.
0.6	C.P.	2369.45	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	2405.47	101.52%
	C.P. + aditivo 1.00%	2412.89	101.83%
	C.P. + aditivo 1.18%	2453.68	103.55%

Fuente: Elaboración Propia

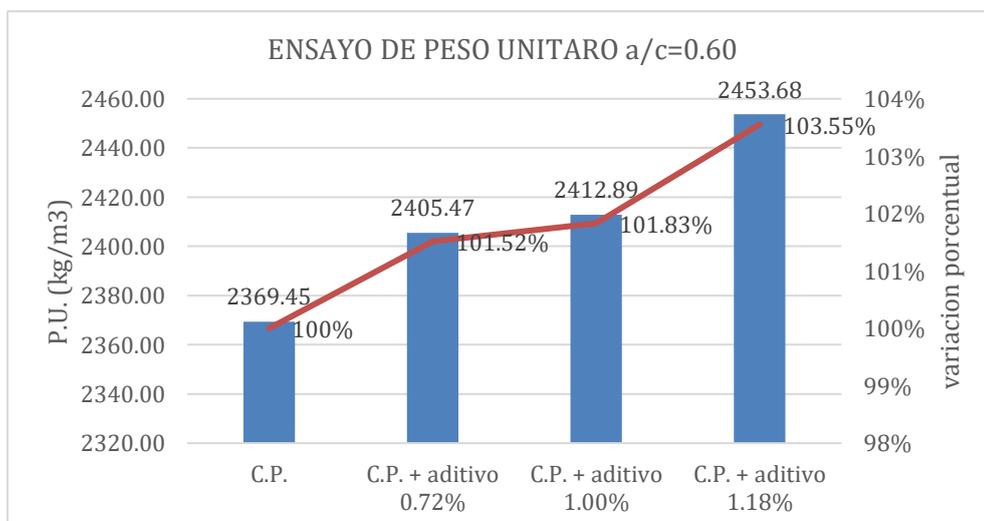


Gráfico N° 16: Ensayo de Peso Unitario y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.60

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2.3. Ensayo de fluidez (NTP 339. 085)

Es la mezcla del cemento portland, arena, agua y el aditivo donde para este ensayo se utiliza los siguientes equipos:

- Molde en forma de tronco de cono de diámetro 250 mm de base inferior y 170 mm base superior con una altura de 130 mm con asas para sujetar
- Mesa de sacudidas
- Varilla compactadora de 5/8" y 60 cm de longitud con punta redondeada



#### Procedimiento:

Luego de Extraída la muestra de concreto se procede a:

- Se centra el molde sobre la mesa y se llena a la mitad del volumen
- Con la varilla se aplican 25 golpes distribuidos en toda el área de manera uniforme
- Se llena en exceso y se vuelve a aplicar los 25 golpes penetrando hasta la primera masa llanada y se enrasará y limpiará, luego se saca el molde verticalmente y de manera inmediata
- Luego se eleva la mesa dejándolo caer durante 15 veces desde una altura de 12.5 mm en 15 segundos a manera constante mediante la manivela de la mesa
- Se realiza el cálculo restando el diámetro del cono y midiendo 6 veces de manera simétrica el diámetro del concreto a manera de porcentaje con una aproximación 5 mm

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación  $a/c = 0.45$  se presentan en el cuadro N° 47 y su respectivo gráfico N° 17.

Cuadro N° 47: Ensayo de fluidez para la relación  $a/c = 0.45$

RESULTADOS DE FLUIDEZ			
relación a/c	Diseño	% fluidez	variación respecto al C.P.
0.45	C.P.	69.70%	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	80.40%	115.35%
	C.P. + aditivo 1.00%	99.00%	142.04%
	C.P. + aditivo 1.18%	95.90%	137.59%

Fuente: Elaboración propia

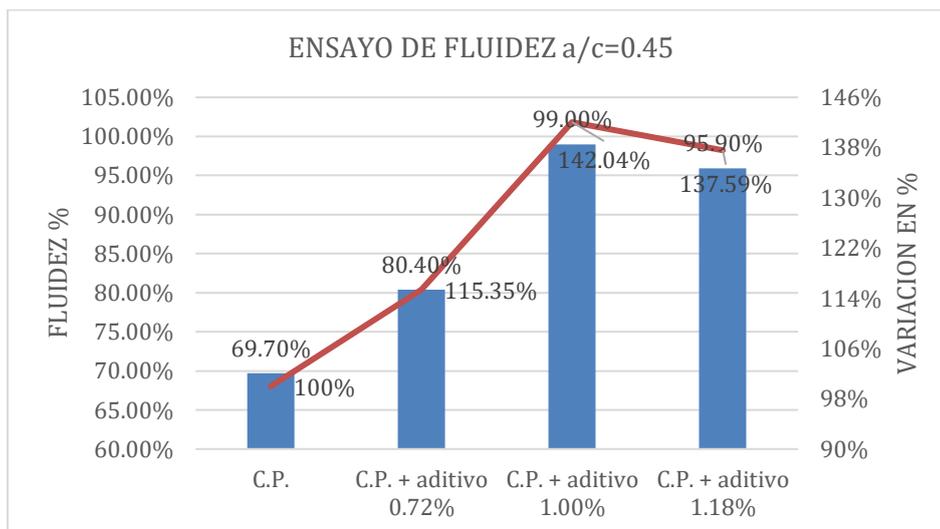


Gráfico N° 17: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.45

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación a/c= 0.50 se presentan en el cuadro N° 48 y su respectivo gráfico N° 18.

Cuadro N° 48: Ensayo de fluidez para la relación a/c= 0.50

RESULTADOS DE FLUIDEZ			
relación a/c	Diseño	% fluidez	variación respecto al C.P.
0.5	C.P.	71.90%	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	83.30%	116%
	C.P. + aditivo 1.00%	107.40%	149%
	C.P. + aditivo 1.18%	78.50%	109%

Fuente: Elaboración propia

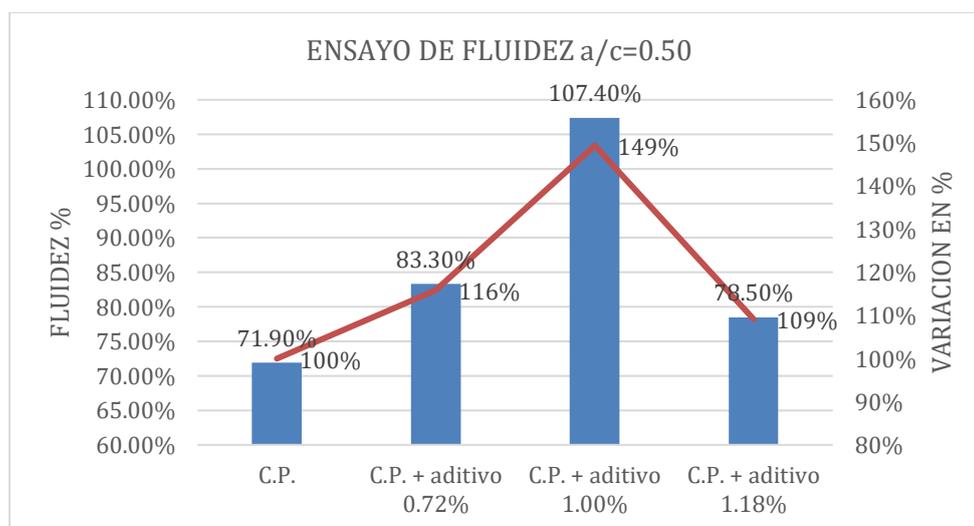


Gráfico N° 18: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación  $a/c = 0.55$  se presentan en el cuadro N° 49 y su respectivo gráfico N° 19.

Cuadro N° 49: Ensayo de fluidez para la relación  $a/c = 0.55$

RESULTADOS DE FLUIDEZ			
relación $a/c$	Diseño	% fluidez	variación respecto al C.P.
0.55	C.P.	74.30%	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	86.90%	117%
	C.P. + aditivo 1.00%	119.60%	161%
	C.P. + aditivo 1.18%	70.20%	94%

Fuente: Elaboración propia

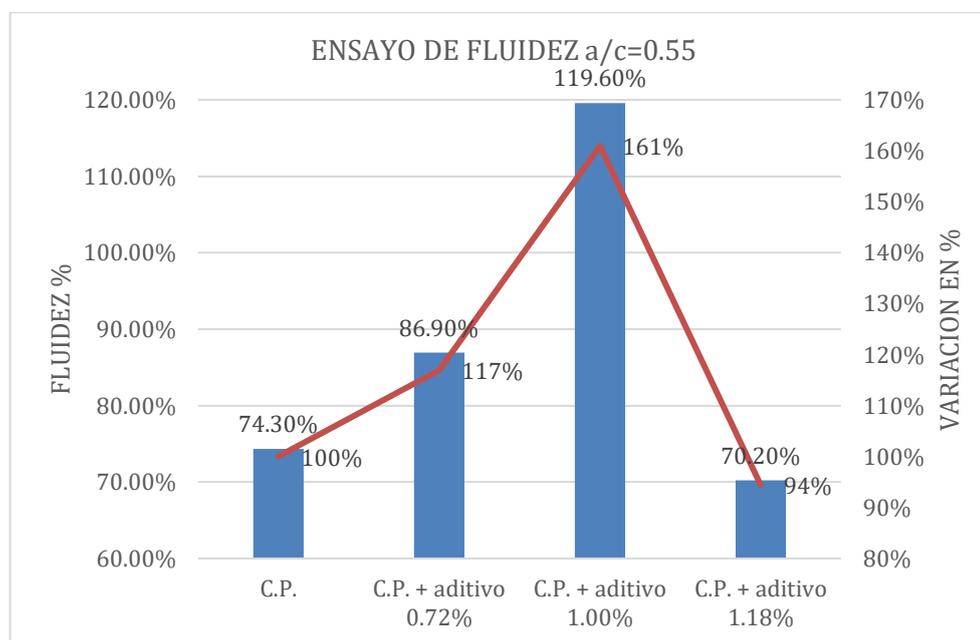


Gráfico N° 19: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c = 0.55$

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación  $a/c = 0.60$  se presentan en el cuadro N° 50 y su respectivo gráfico N° 20.

Cuadro N° 50: Ensayo de fluidez para la relación  $a/c = 0.60$

RESULTADOS DE FLUIDEZ			
relación $a/c$	Diseño	% fluidez	variación respecto al C.P.
0.6	C.P.	77.10%	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	86.90%	117%
	C.P. + aditivo 1.00%	121.10%	163%
	C.P. + aditivo 1.18%	70.20%	94%

Fuente: Elaboración propia

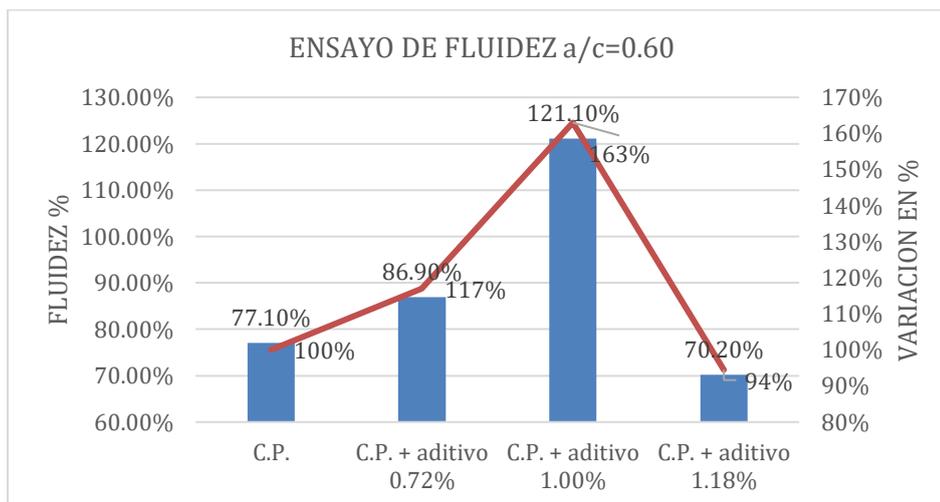


Gráfico N° 20: Ensayo de fluidez y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.60

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.2.4. Ensayo de contenido de aire (NTP 339.083)

Generalmente se encuentran entre el 1% y 3%. Para este ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

- Olla de Washington
- Varilla para apisonar 5/8"
- Regla para enrasar
- Bandeja
- Martillo goma



#### Procedimiento:

- Se prepara la mezcla en la bandera para ser ensayada, luego se coloca en el molde a 1/3 del volumen del recipiente
- Dar 25 golpes en cada capa hasta la capa directamente inferior y con el martillo de goma para la eliminación de aire por la varilla ingresada
- En la última capa enrasar la capa y limpiar para la colocación de la tapa de la olla de Washington
- Tapar la olla de Washington adecuadamente de manera centrada cerrando la válvula de purga de aire y llenar de agua por las llaves hasta rebalsar por la otra llave dando golpes ligeros al recipiente para q llene las cavidades del concreto
- Luego bombear aire dentro de la cámara reflejándose en el manómetro y estabilizando la aguja del manómetro dando golpes y luego cerrando las llaves

para que esté totalmente sellado.

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación  $a/c = 0.45$  se presentan en el cuadro N° 51 y su respectivo gráfico N° 21.

Cuadro N° 51: Ensayo de contenido de aire para la relación  $a/c = 0.45$

RESULTADOS DE ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO			
relación $a/c$	Diseño	% contenido de aire	variación respecto al C.P.
0.45	C.P.	0.70	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	0.80	114.29%
	C.P. + aditivo 1.00%	1.00	142.86%
	C.P. + aditivo 1.18%	1.30	185.71%

Fuente: Elaboración propia

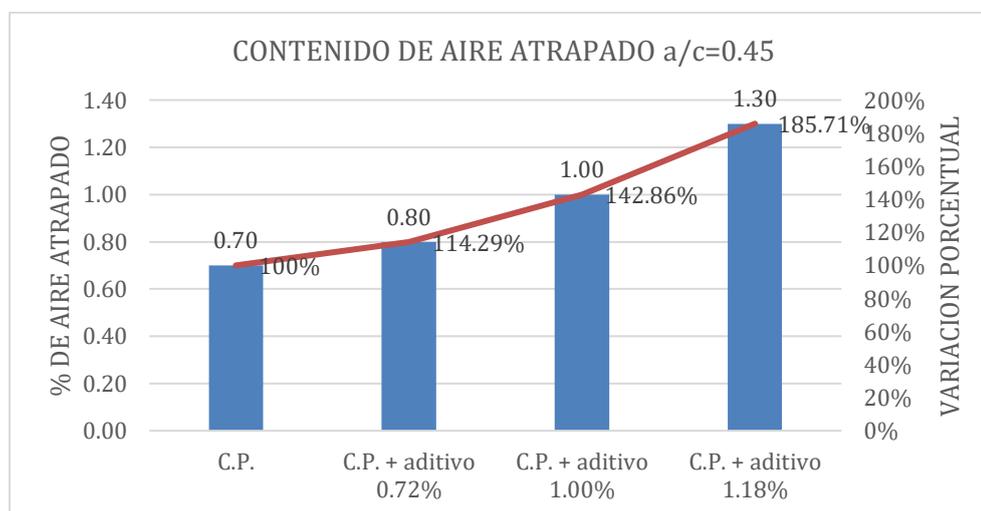


Gráfico N° 21: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c = 0.45$

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación  $a/c = 0.50$  se presentan en el cuadro N° 52 y su respectivo gráfico N° 22.

Cuadro N° 52: Ensayo de contenido de aire para la relación  $a/c = 0.50$

RESULTADOS DE ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO			
relación $a/c$	Diseño	% contenido de aire	variación respecto al C.P.
0.5	C.P.	0.80	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	1.20	150.00%
	C.P. + aditivo 1.00%	1.50	187.50%
	C.P. + aditivo 1.18%	1.6	200.00%

Fuente: Elaboración propia

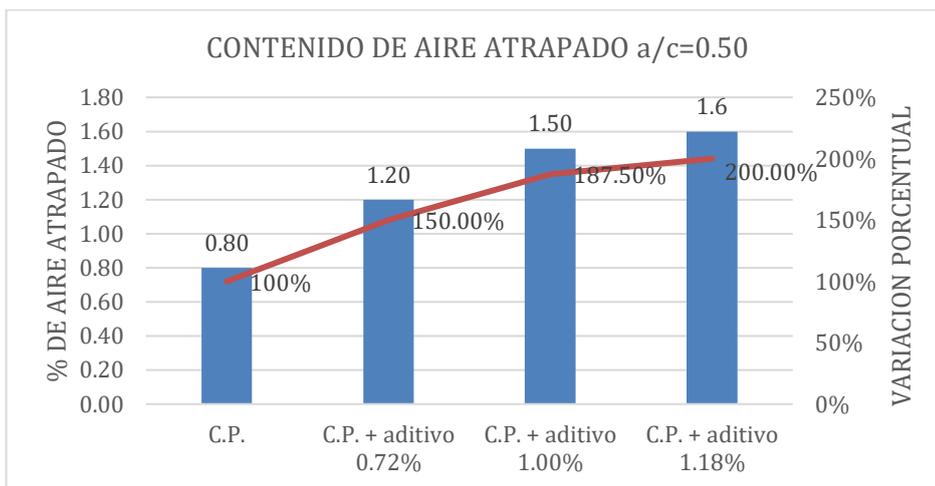


Gráfico N° 22: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación a/c= 0.55 se presentan en el cuadro N° 53 y su respectivo gráfico N° 23.

Cuadro N° 53: Ensayo de contenido de aire para la relación a/c= 0.55

RESULTADOS DE ENSAYO DE CONTEGIGO DE AIRE ATRAPADO			
relación a/c	Diseño	% contenido de aire	variación respecto al C.P.
0.55	C.P.	0.80	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	1.00	125.00%
	C.P. + aditivo 1.00%	1.50	187.50%
	C.P. + aditivo 1.18%	1.60	200.00%

Fuente: Elaboración propia

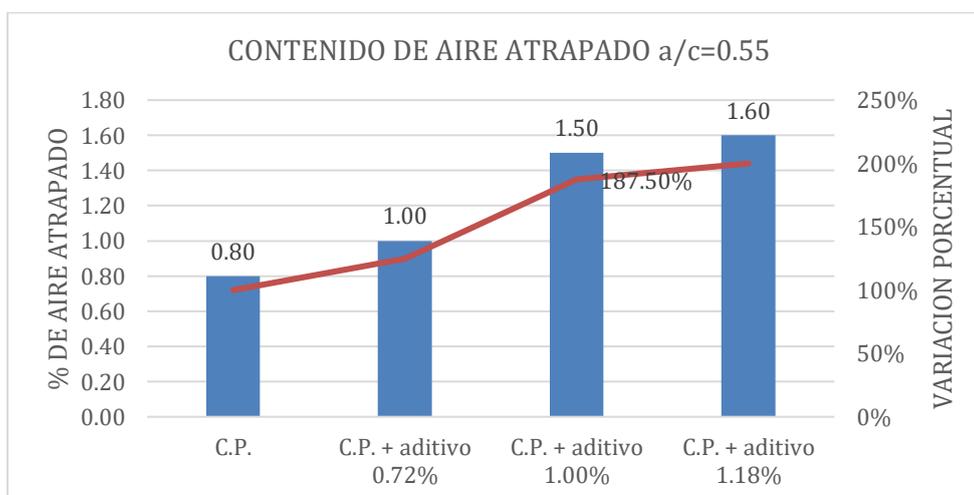


Gráfico N° 23: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.55

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fluidez del concreto para la relación  $a/c = 0.60$  se presentan en el cuadro N° 54 y su respectivo gráfico N° 24.

Cuadro N° 54: Ensayo de contenido de aire para la relación  $a/c = 0.60$

RESULTADOS DE ENSAYO DE CONTEGIDO DE AIRE ATRAPADO			
relación $a/c$	Diseño	% contenido de aire	variación respecto al C.P.
0.6	C.P.	0.90	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	1.10	122.22%
	C.P. + aditivo 1.00%	1.40	155.56%
	C.P. + aditivo 1.18%	1.60	177.78%

Fuente: Elaboración Propia

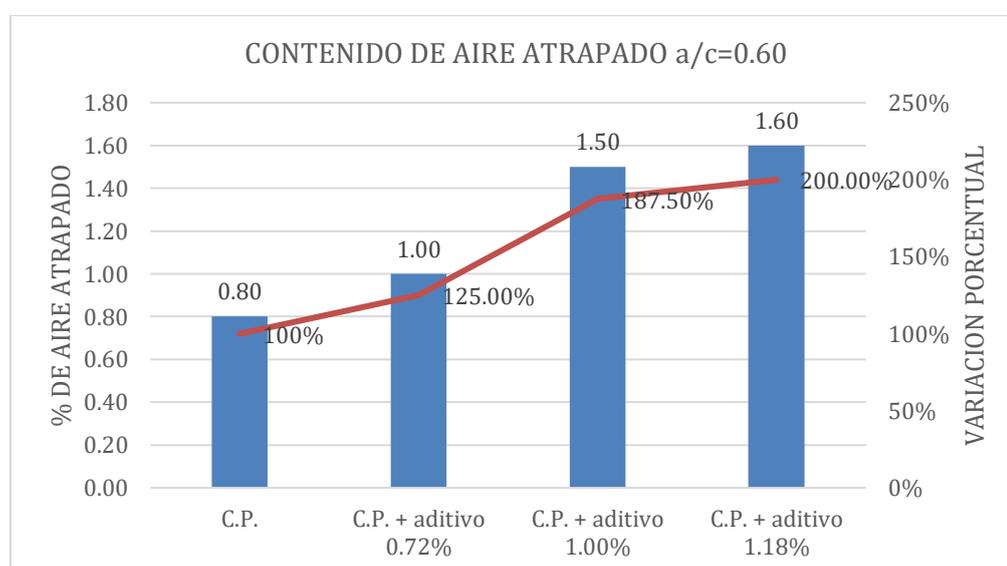


Gráfico N° 24: Ensayo de contenido de aire y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c = 0.60$

Fuente: Elaboración Propia

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

Es una capa que se forma en la superficie del concreto recién colocado causado por la sedimentación de partículas y ascensión del agua a la superficie. A mayor exudación aumentara la relación  $a/c$ . afectando la durabilidad.

Los materiales para la realización del ensayo de exudación son los siguientes:

- Recipiente con diámetro inferior a 255 mm y altura de 280 mm
- Balanza con precisión de gramos
- Pipeta para la extracción del agua
- Probeta graduada de 100 ml de capacidad
- Varilla de 5/8" y 60 cm de longitud con puntas redondeadas

**Procedimiento:**

- Llenar al recipiente en 3 capas cada una con 25 golpes con la varilla.
- Después de nivelado registrar la masa y la hora. Luego cubrir para evitar evaporación
- Retirar el agua acumulada inclinando cuidadosamente con un taco de 50 mm de espesor durante 2 min y luego devolverla a su sitio, hacer cada extracción en la superficie cada 10 min durante los primeros 40 min y luego cada 30 min hasta que pare la exudación registrando la ultima hora de extracción.

Formula:  $Exudación (\%) = \frac{D}{C} * 100$

$$C = \frac{W}{M}$$

C (gr) : masa de agua en la muestra de ensayo

M (kg) : masa total de la mezcla

W (kg) : masa neta del agua en la mezcla

S (gr) : masa de la muestra

D (gr) : masa del agua exudada

Los resultados de los ensayos de exudación del concreto para la relación a/c= 0.45 se presentan en el cuadro N° 55 y su respectivo gráfico N° 25.

Cuadro N° 55: Ensayo de exudación par la relación a/c= 0.45

RESULTADOS DE ENSAYO DE EXUDACION			
relación a/c	Diseño	% de exudación	variación respecto al C.P.
0.45	C.P.	0.801	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	0.066	8.23%
	C.P. + aditivo 1.00%	0.054	6.79%
	C.P. + aditivo 1.18%	0.014	1.74%

Fuente: Elaboración propia

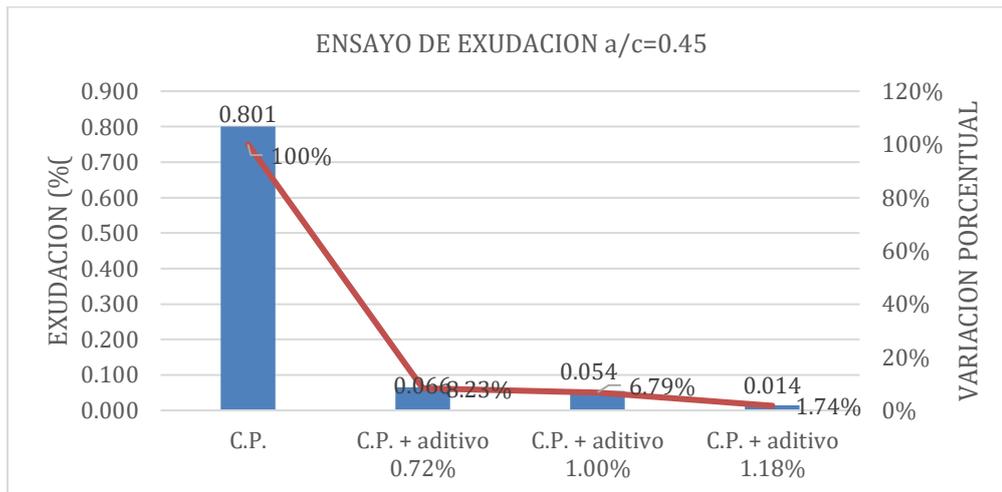


Gráfico N° 25: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.45

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de exudación del concreto para la relación a/c= 0.50 se presentan en el cuadro N° 56 y su respectivo gráfico N°26.

Cuadro N° 56: Ensayo de exudación para la relación a/c= 0.50

RESULTADOS DE ENSAYO DE EXUDACION			
relación a/c	Diseño	% de exudación	variación respecto al C.P.
0.5	C.P.	1.003	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	0.092	9.15%
	C.P. + aditivo 1.00%	0.065	6.44%
	C.P. + aditivo 1.18%	0.038	3.76%

Fuente: Elaboración propia

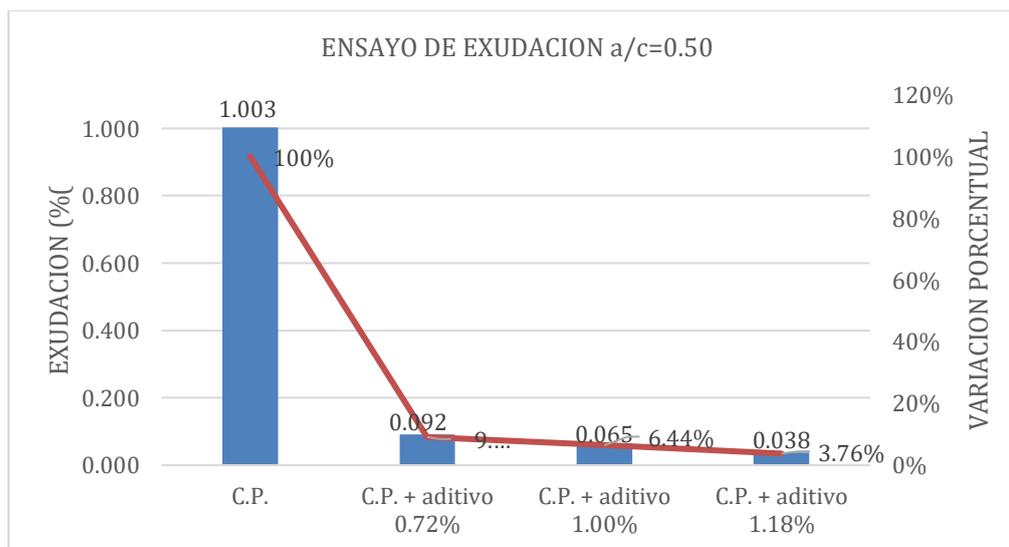


Gráfico N° 26: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de exudación del concreto para la relación  $a/c= 0.55$  se presentan en el cuadro N° 57 y su respectivo gráfico N° 27.

Cuadro N° 57: Ensayo de exudación para la relación  $a/c= 0.55$

RESULTADOS DE ENSAYO DE EXUDACION			
relación a/c	Diseño	% de exudación	variación respecto al C.P.
0.55	C.P.	0.870	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	0.130	14.92%
	C.P. + aditivo 1.00%	0.092	10.56%
	C.P. + aditivo 1.18%	0.048	5.50%

Fuente: Elaboración propia

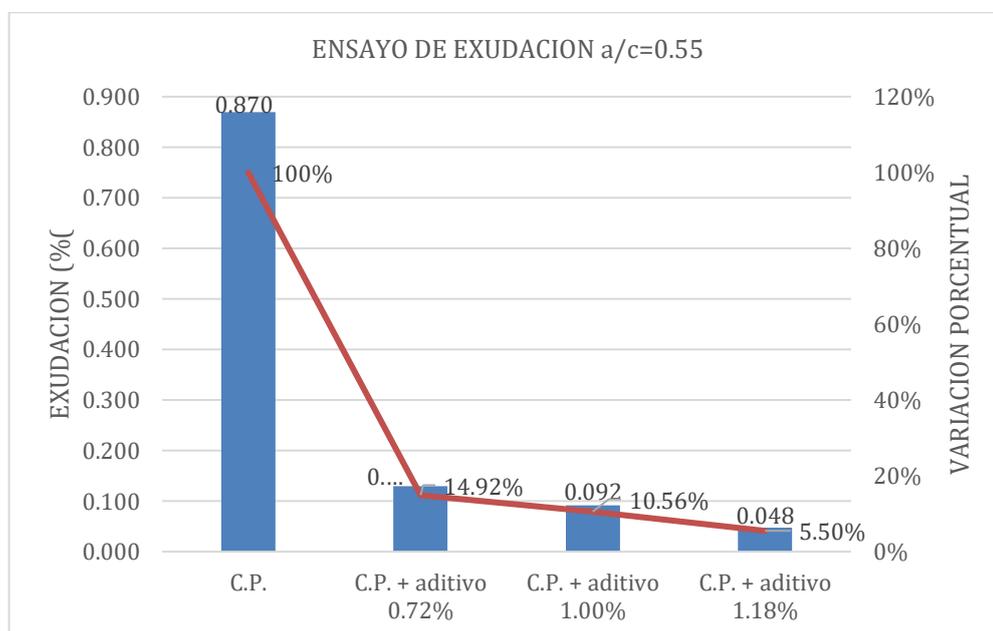


Gráfico N° 27: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c= 0.55$

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de exudación del concreto para la relación  $a/c= 0.60$  se presentan en el cuadro N° 58 y su respectivo gráfico N° 28.

Cuadro N° 58: Ensayo de exudación para la relación  $a/c= 0.60$

RESULTADOS DE ENSAYO DE EXUDACION			
relación a/c	Diseño	% de exudación	variación respecto al C.P.
0.6	C.P.	0.751	100%
	C.P. + aditivo 0.72%	0.244	32.51%
	C.P. + aditivo 1.00%	0.158	21.08%
	C.P. + aditivo 1.18%	0.084	11.12%

Fuente: Elaboración Propia

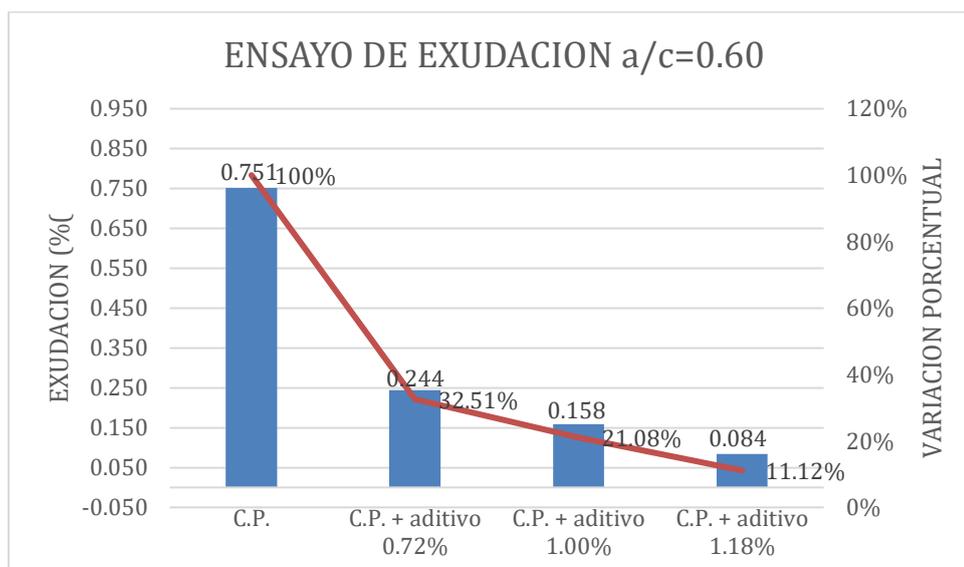


Gráfico N° 28: Ensayo de exudación y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c=0.60$

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.1.2.6. Ensayo de tiempo de fragua (NTP 339.082)

Mientras pasa el tiempo el concreto se empieza a endurecer disminuyendo su plasticidad y con ello el inicio del estado de fraguado.

Cuando la plasticidad se vuelve nula es cuando se llama el estado de fragua final de la mezcla de concreto, a dicho intervalo de tiempo es llamado el tiempo de fragua

Para el siguiente ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

- Tamiz con 4.76 mm de abertura
- Recipiente de 15 cm de diámetro interior y 15 cm de altura interior
- Equipo hidráulico con medidor de presión
- Agujas cilíndricas de áreas de contacto de 0.025, 0.050, 0.10, 0.25, 0.50, 1.0 pulg<sup>2</sup>.



#### Procedimiento:

- Tamizar muestra de concreto recién mezclado hasta obtener un volumen que llene el recipiente humedecido que se utiliza, luego llenarlo dando pequeños golpes en el borde para eliminar las burbujas y tener una superficie nivelada.
- Retirar el agua que se exuda al momento de cada penetración de las agujas

- Se aplica una fuerza uniforme hasta penetrar 2.5 cm en 10 segundos. El cambio de aguja se va cambiando mientras va endureciendo el concreto.
- Se toma datos de fuerza resistencia, el área del aguja y hora, terminara cuando la aguja de menor área alcance por lo menos una resistencia penetrada de 4000 lb/pulg<sup>2</sup>.

Los resultados de los ensayos de fragua del concreto para la relación  $a/c = 0.45$  se presentan en el cuadro N° 59 y su respectivo gráfico N° 29.

Cuadro N° 59: Ensayo de tiempo de fragua para la relación  $a/c = 0.45$

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación $a/c$	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	Variación (%) FI	Variación (%) FF
0.45	C.P.	248	327	100	100
	C.P. + aditivo 0.72%	298	395	120.16	120.80
	C.P. + aditivo 1.00%	332	421	133.87	128.75
	C.P. + aditivo 1.18%	373	450	150.40	137.61

Fuente: Elaboración propia

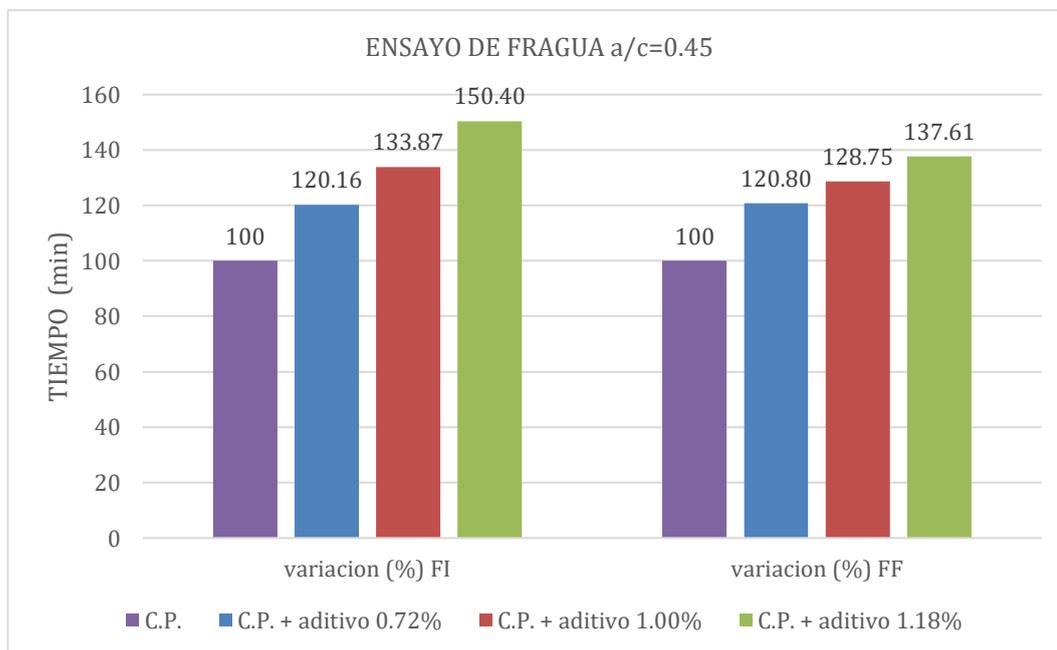


Gráfico N° 29: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación  $a/c = 0.45$

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fragua del concreto para la relación  $a/c = 0.50$  se presentan en el cuadro N° 60 y su respectivo gráfico N° 30.

Cuadro N° 60: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.50

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	Variación (%) FI	Variación (%) FF
0.5	C.P.	266	348	100	100
	C.P. + aditivo 0.72%	318	405	119.55	116.38
	C.P. + aditivo 1.00%	341	425	128.20	122.13
	C.P. + aditivo 1.18%	388	458	145.86	131.61

Fuente: Elaboración propia

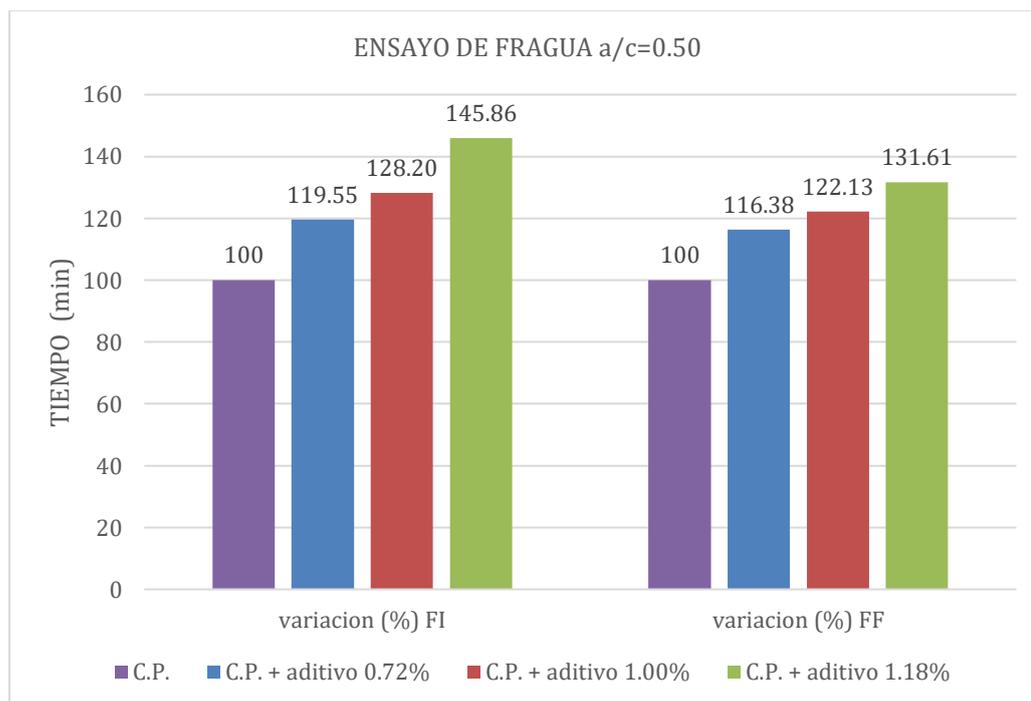


Gráfico N° 30: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.50

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fragua del concreto para la relación a/c= 0.55 se presentan en el cuadro N° 61 y su respectivo gráfico N° 31.

Cuadro N° 61: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.55

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	variación (%) FI	variación (%) FF
0.55	C.P.	282	379	100	100
	C.P. + aditivo 0.72%	329	410	116.67	108.18
	C.P. + aditivo 1.00%	350	429	124.11	113.19
	C.P. + aditivo 1.18%	397	464	140.78	122.43

Fuente: Elaboración propia

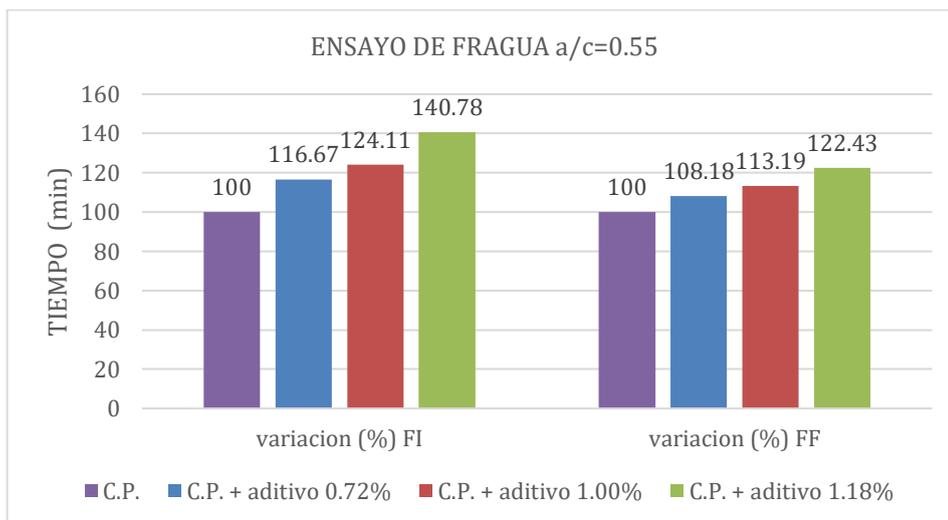


Gráfico N° 31: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.55

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de fragua del concreto para la relación a/c= 0.60 se presentan en el cuadro N° 62 y su respectivo gráfico N° 32.

Cuadro N° 62: Ensayo de tiempo de fragua para la relación a/c= 0.60

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	Variación (%) FI	Variación (%) FF
0.6	C.P.	305	398	100	100
	C.P. + aditivo 0.72%	337	423	110.49	106.28
	C.P. + aditivo 1.00%	358	440	117.38	110.55
	C.P. + aditivo 1.18%	402	472	131.80	118.59

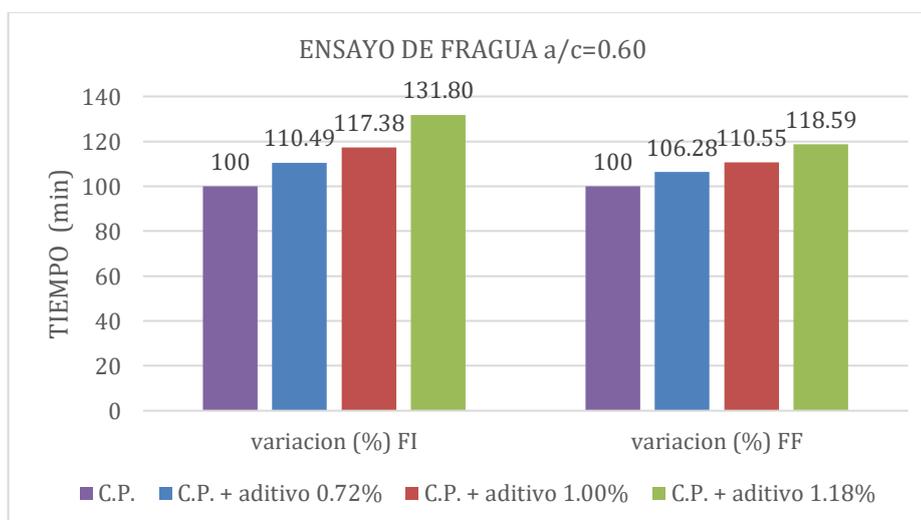


Gráfico N° 32: Ensayo de tiempo de fragua y % de variación respecto a C.P. y relación a/c= 0.60

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.3. Propiedades del concreto en el estado endurecido

En este estado en concreto resalta su principal propiedad, la de resistencia y durabilidad. La resistencia se toma mediante ensayos de compresión a los 28 días que se detallaran.

#### 5.1.3.1. Resistencia a la compresión axial (NTP 339.034)

La capacidad de soporte del concreto es la resistencia por compresión axial, debido a ello las estructuras son diseñadas con esta propiedad.

La fórmula para calcular la resistencia a la compresión de la siguiente.

$$R_c = \frac{4 * P}{\pi * D^2}$$

Donde:

$R_c$  (kg/cm<sup>2</sup>): resistencia a la compresión

$P$  (kg) : carga de rotura

$D$  (cm) : diámetro promedio de la probeta



- **Concreto patrón**

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto patrón se presentan en el cuadro N° 63 y su respectivo gráfico N° 33.

Cuadro N° 63: Resultado de  $f_c$  la resistencia a la compresión del concreto patrón

Edad (días)	resistencia de concreto patrón (kg/cm <sup>2</sup> )			
	a/c=0.45	a/c=0.50	a/c=0.55	a/c=0.60
7	327.13	296.71	289.99	245.09
14	342.19	342.12	325.83	261.47
28	370.18	358.26	332.82	314.17

Fuente: Elaboración propia

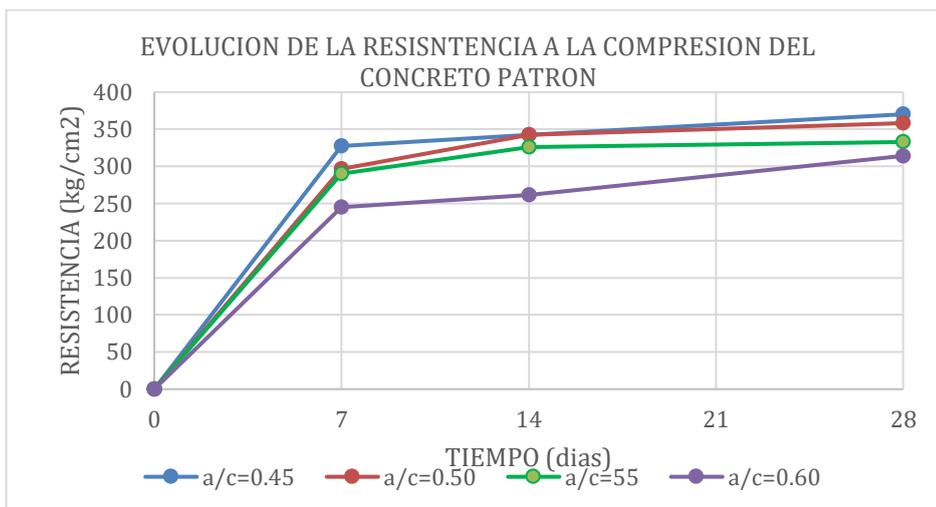


Gráfico N° 33: Resistencias de los concretos patrones

Fuente: Elaboración Propia

• **Concreto con aditivo**

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con relación a/c=0.45 se presentan en el cuadro N° 64 y su respectivo gráfico N° 34.

Cuadro N° 64: Resultado de la resistencia a la compresión a/c=0.45 con aditivo

a/c	Edad (días)	resistencia de concreto patrón + aditivo (kg/cm2)			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.45	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	327.13	531.28	532.11	652.87
	14	342.19	548.82	577.00	672.54
	28	370.18	635.95	651.67	700.40

Fuente: Elaboración propia

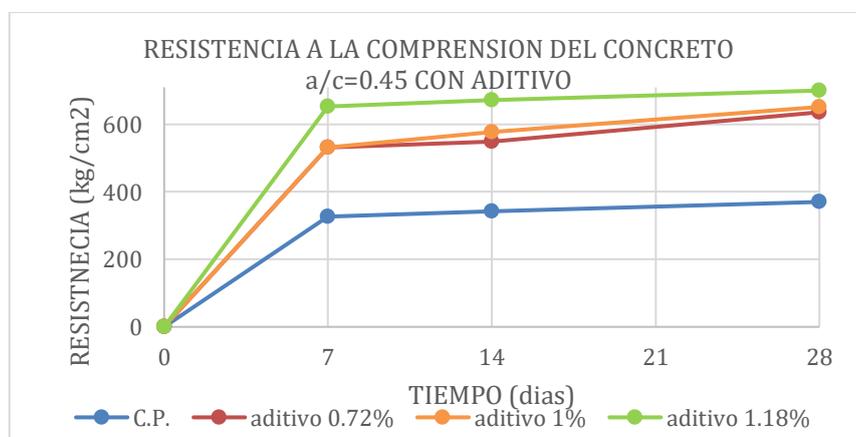


Gráfico N° 34: resistencia de concreto a/c=0.45 más aditivos

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de resistencia a la comprensión del concreto con relación  $a/c=0.50$  se presentan en el cuadro N° 65 y su respectivo gráfico N° 35.

Cuadro N° 65: Resultado de la resistencia a la comprensión  $a/c=0.50$  con aditivo

a/c	Edad (días)	resistencia de concreto patrón (kg/cm <sup>2</sup> )			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.50	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	296.71	363.76	554.55	561.63
	14	342.12	379.51	589.83	579.32
	28	358.26	453.68	607.52	631.87

Fuente: Elaboración propia

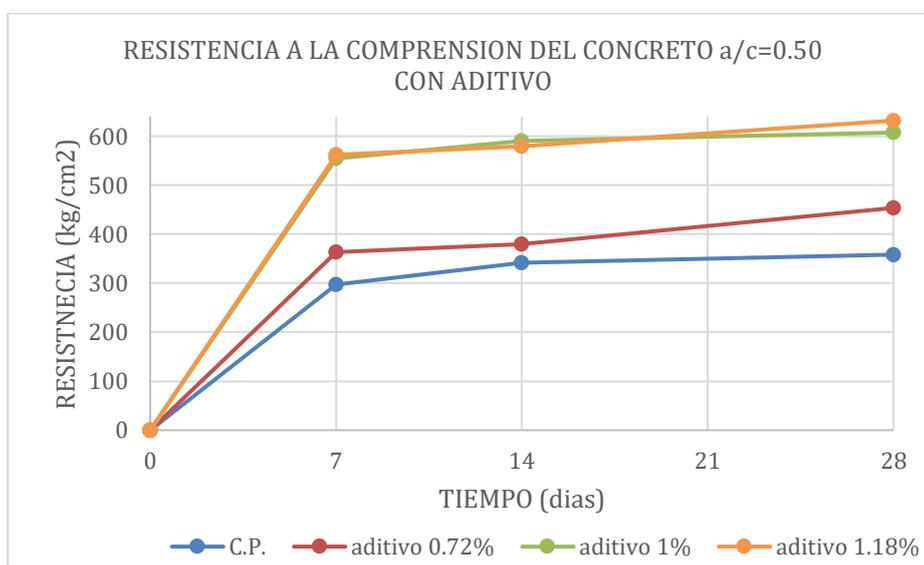


Gráfico N° 35: Resistencia de concreto  $a/c=0.50$  más aditivos

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos de resistencia a la comprensión del concreto con relación  $a/c=0.55$  se presentan en el cuadro N° 66 y su respectivo gráfico N° 36.

Cuadro N° 66: Resultado de la resistencia a la comprensión  $a/c=0.55$  con aditivo

a/c	Edad (días)	resistencia de concreto patrón (kg/cm <sup>2</sup> )			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.55	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	289.99	341.27	445.89	543.20
	14	325.83	350.46	475.34	566.19
	28	332.82	439.84	524.22	620.50

Fuente: elaboración propia

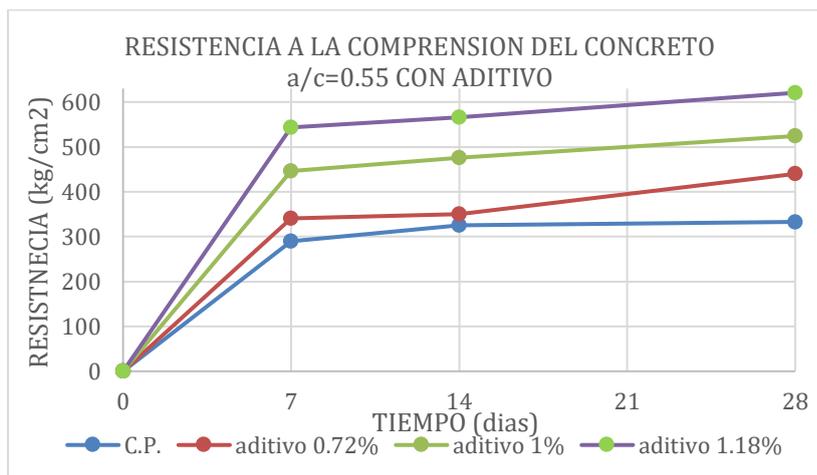


Gráfico N° 36: Resistencia de concreto a/c=0.55 más aditivos

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con relación a/c=0.60 se presentan en el cuadro N° 67 y su respectivo gráfico N° 37.

Cuadro N° 67: Resultado de la resistencia a la compresión a/c=0.60 con aditivo

a/c	Edad (días)	resistencia de concreto patrón (kg/cm <sup>2</sup> )			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.60	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	245.09	257.00	349.43	415.87
	14	261.47	315.01	362.89	435.36
	28	314.17	343.34	468.99	519.22

Fuente: Elaboración propia

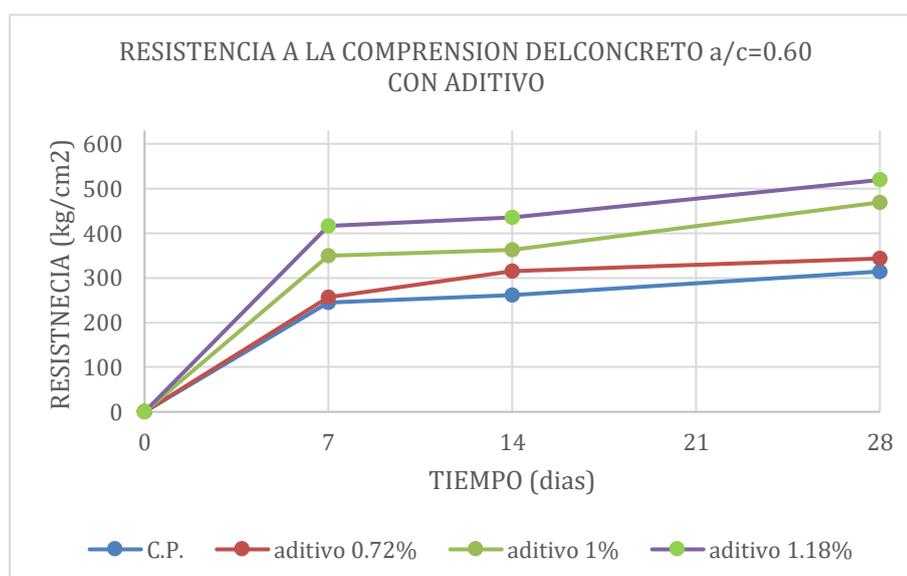


Gráfico N° 37: Resistencia de concreto a/c=0.60 más aditivos

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro N° 68 se presenta la evolución del aditivo con la resistencia del concreto

Cuadro N° 68: Evolución del aditivo con la resistencia del concreto

a/c	% de aditivo (días)	resistencia de concreto patrón (kg/cm <sup>2</sup> vs % de aditivo)		
		7 días	14 días	28 días
0.45	0.00	327.13	342.19	370.18
	0.72	531.28	548.82	635.95
	1.00	532.11	577.00	651.67
	1.18	652.87	672.54	700.40
0.50	0.00	296.71	342.12	358.26
	0.72	363.76	379.51	453.68
	1.00	554.55	589.83	607.52
	1.18	561.63	579.32	631.87
0.55	0.00	289.99	325.83	332.82
	0.72	341.27	350.46	439.84
	1.00	445.89	475.34	524.22
	1.18	543.20	566.19	620.50
0.60	0.00	245.09	261.47	314.17
	0.72	256.95	315.01	343.34
	1.00	349.43	362.89	468.99
	1.18	415.87	435.36	519.22

Fuente: elaboración propia

En los gráficos N° 38, N° 39, N° 40 y N° 41 se muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión de las muestras con respecto a la adición de aditivo superplastificante MASTER EASE 3900.

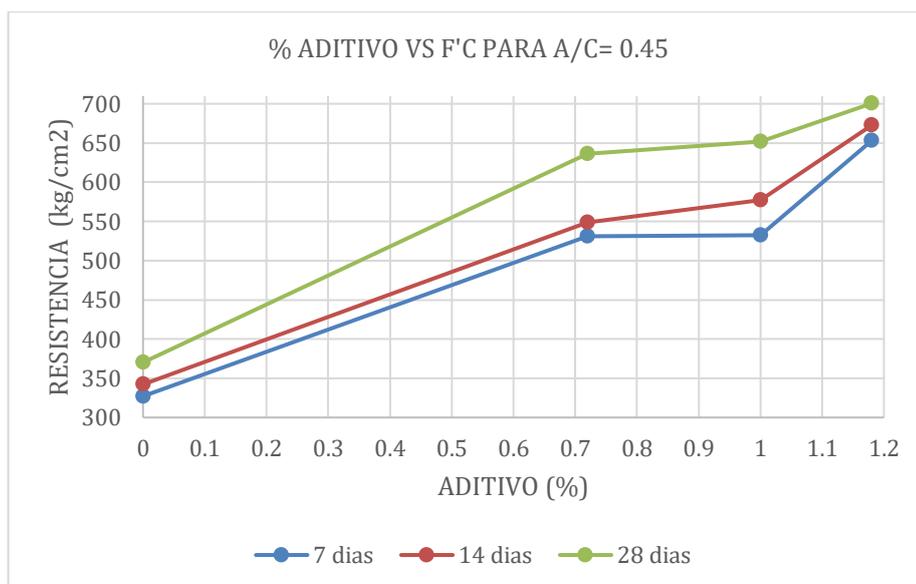


Gráfico N° 38: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.45.

Fuente: elaboración propia

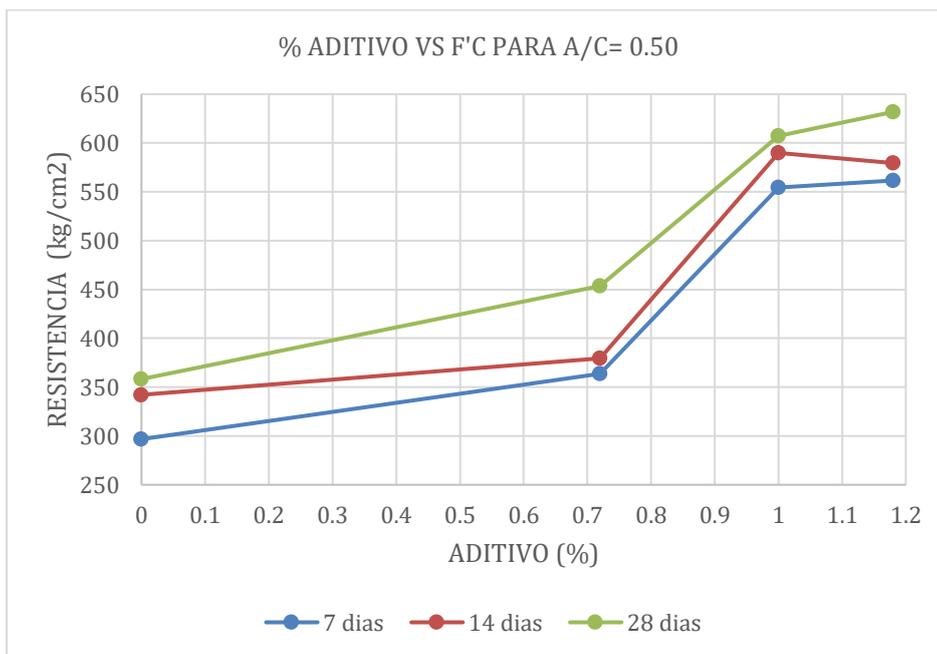


Gráfico N° 39: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.50

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 40: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.55.

Fuente: Elaboración propia

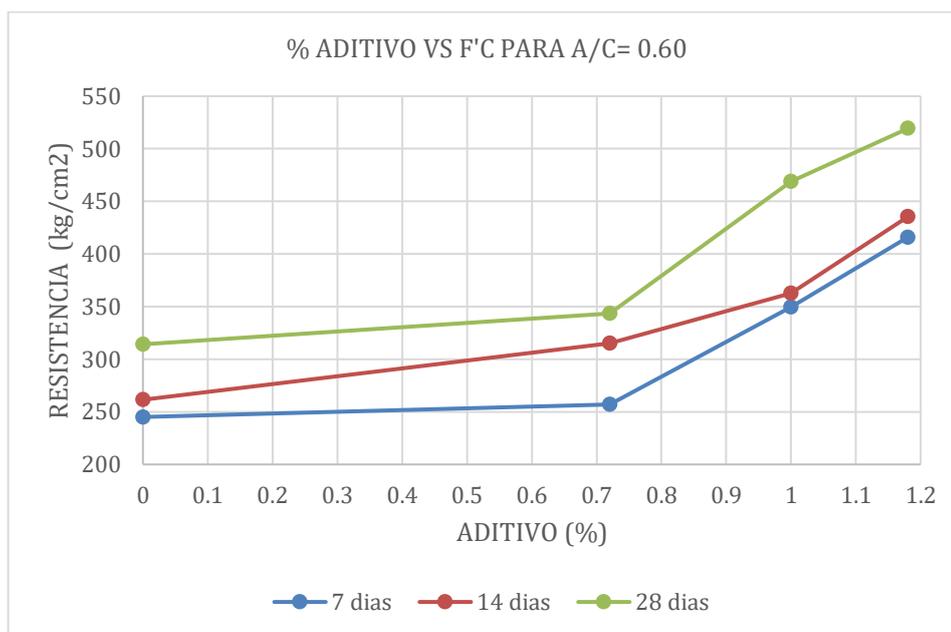


Gráfico N° 41: Resistencia a la compresión + adición de aditivo con a/c= 0.60.

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro N° 69 se muestra los resultados de la resistencia a la compresión de concreto ensayadas a los 28 días con las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55, 0.60.

Cuadro N° 69: Resistencia a la compresión a los 28 días

a/c	Resistencia a los 28 días kg/cm <sup>2</sup>			
	C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00	C.P. + aditivo 1.18%
0.45	370.18	635.95	651.67	700.40
0.5	358.26	453.68	607.52	631.87
0.55	332.82	439.84	524.22	620.50
0.6	314.17	343.34	468.99	519.22

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se obtiene el gráfico N° 42 de comparación de todas las resistencias obtenidas a los 28 días de las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60.

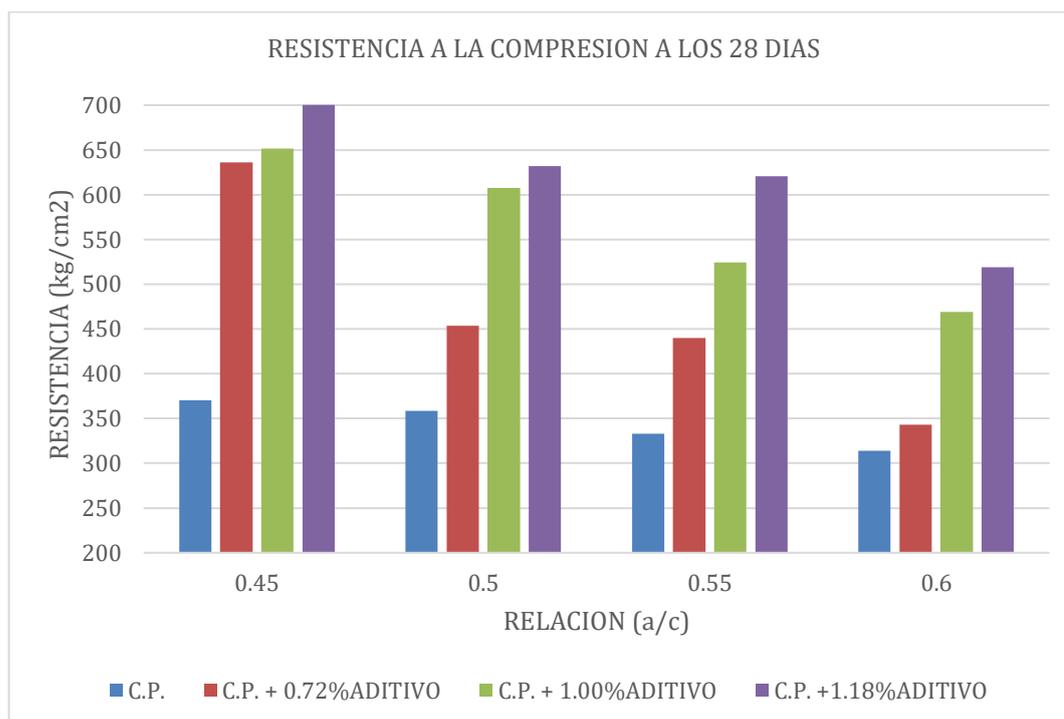


Gráfico N° 42: Análisis comparativo de las resistencias a la compresión a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro N° 70 se presentará la variación porcentual de la resistencia a la compresión respecto a la edad (días) y la adición de aditivo donde el concreto patrón será tomado como un 100% para cada edad de rotura y los demás valores con aditivos en función a este valor porcentual.

Cuadro N° 70: Variación porcentual de la resistencia respecto a la dosificación de aditivo

a/c	Edad (días)	VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1%	C.P. + aditivo 1.18%
0.45	7	100	162	163	200
	14	100	160	169	197
	28	100	172	176	189
0.5	7	100	123	187	189
	14	100	111	172	169
	28	100	127	170	176
0.55	7	100	118	154	187
	14	100	108	146	174
	28	100	132	158	186
0.6	7	100	105	143	170
	14	100	120	139	167
	28	100	109	149	165

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro N°70 se obtiene los gráficos N° 43, N°44, N°45 y N° 46 de comparación de la variación porcentual de todas las resistencias obtenidas a los 28 días de las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60.

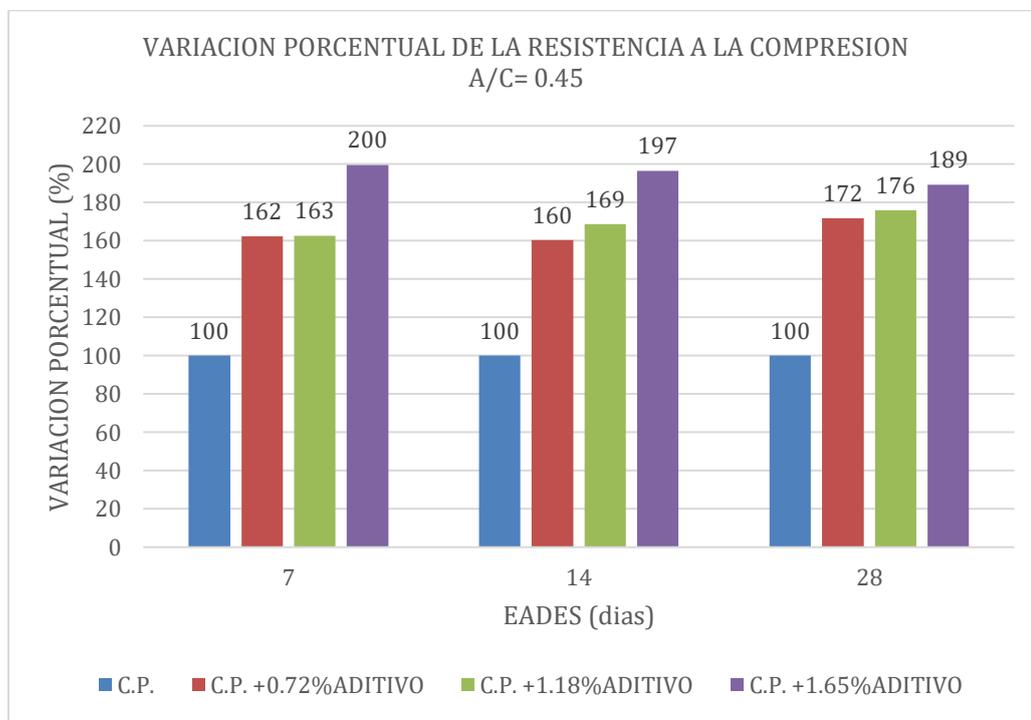


Gráfico N° 43: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

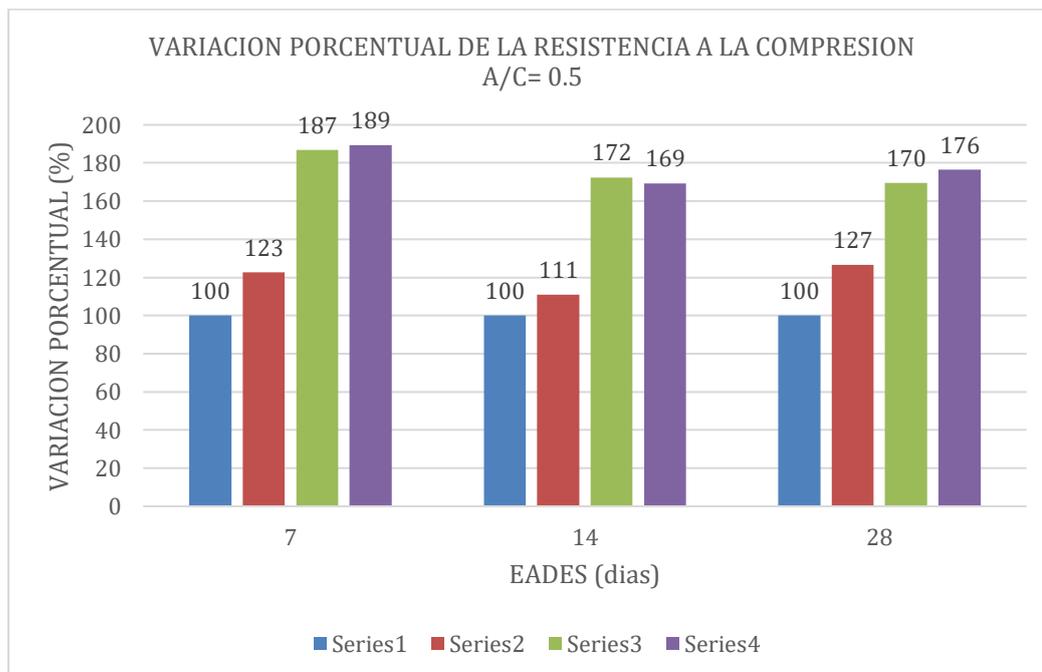


Gráfico N° 44: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.50

Fuente: Elaboración propia

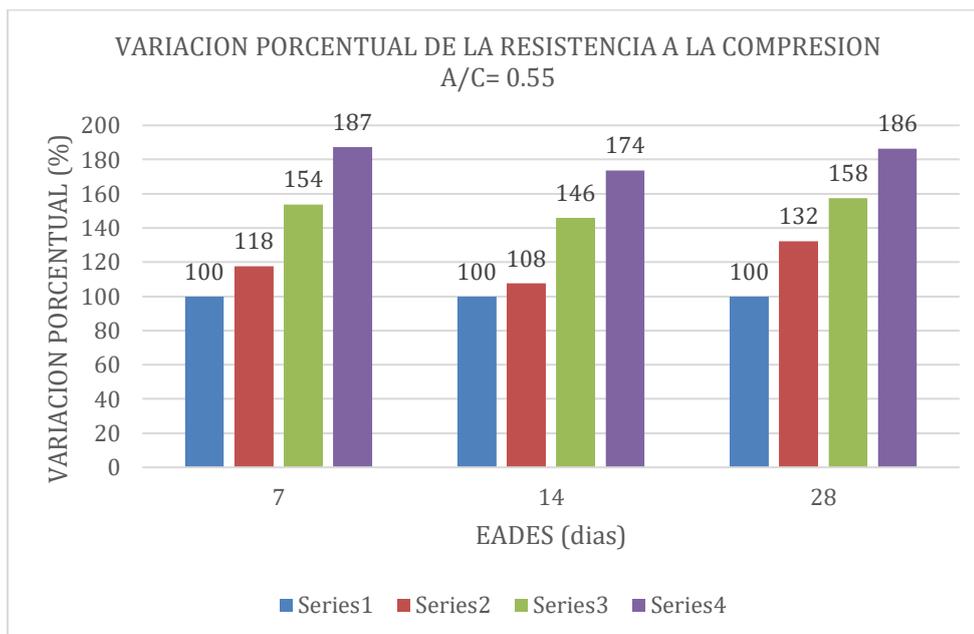


Gráfico N° 45: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.55

Fuente: elaboración propia

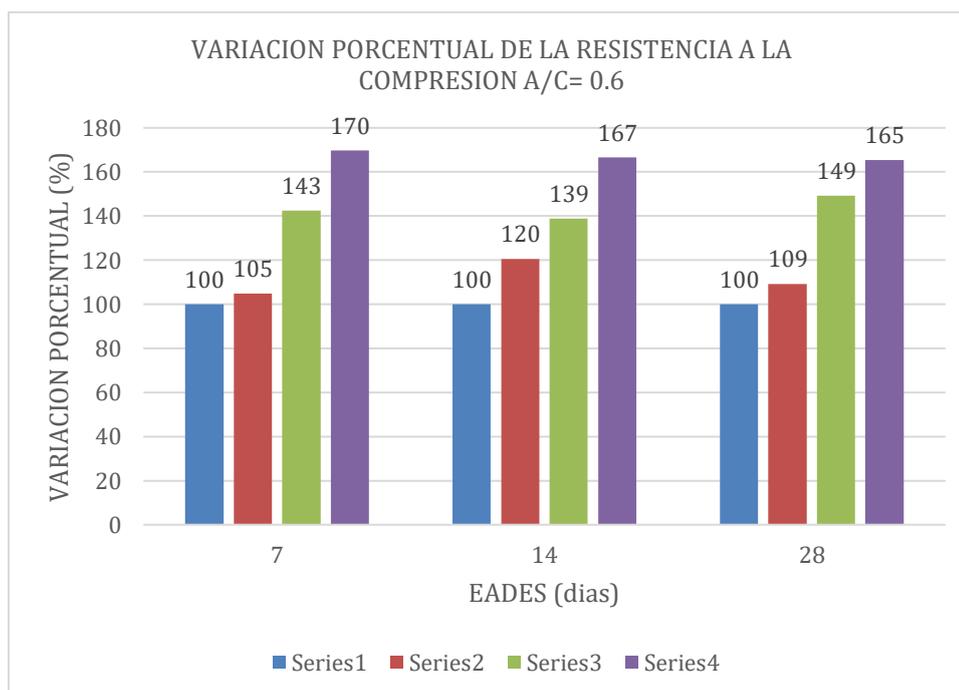


Gráfico N° 46: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.60

Fuente: elaboración propia

Se presenta un cuadro N° 71 con la variación porcentual tomando como referencia la edad de 28 días como un 100%.

Cuadro N° 71: Resistencia a la compresión tomando como referencia de 100% la resistencia a los 28 días

a/c	Edad (días)	VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.45	7	88.37	83.54	81.65	93.21
	14	92.44	86.30	88.54	96.02
	28	100.00	100.00	100.00	100.00
0.50	7	82.82	80.18	91.28	88.88
	14	95.50	83.65	97.09	91.68
	28	100.00	100.00	100.00	100.00
0.55	7	87.13	77.59	85.06	87.54
	14	97.90	79.68	90.68	91.25
	28	100.00	100.00	100.00	100.00
0.60	7	78.01	74.84	74.51	80.09
	14	83.23	91.75	77.38	83.85
	28	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3.2. Resistencia a la tracción diametral (NTP 339.084)

En este ensayo se aplica el método brasileiro, consistiendo romper la probeta en contacto con dos piezas de material suave como el triplay o corcho, se aplica el esfuerzo a compresión y platos de la maquina a compresión lo ejercen sobre el triplay o corcho.

En la presente tesis se realizó de la manera siguiente. 3 probetas ensayadas a los 28 días. Donde la fórmula para hallar la compresión diametral es la siguiente:

$$Q = 2 * \frac{P}{n * D * L}$$

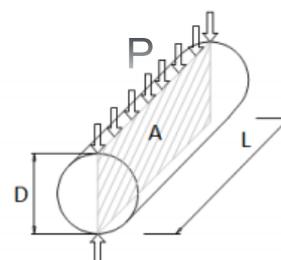
Donde:

Q (kg/cm<sup>2</sup>) : Resistencia a la tracción

P (kg) : Carga de rotura

D (cm) : Diámetro de probeta ensayada

L (cm) : Longitud de la probeta cilíndrica



Se presenta un cuadro N° 72 donde se muestra los resultados de los ensayos de compresión diametral realizados en el laboratorio para todas las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55, 0.60 y las dosificaciones de aditivos a los 28 días conjuntamente con su variación porcentual.

Cuadro N° 72: Resistencia a la tracción diametral a la edad de 28 días y su variación porcentual

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	variación (%)
0.45	C.P.	40.95	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	50.75	123.95
	C.P. + aditivo 1.00%	52.26	127.63
	C.P. + aditivo 1.18%	56.22	137.31
0.50	C.P.	38.60	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	43.57	112.88
	C.P. + aditivo 1.00%	50.23	130.13
	C.P. + aditivo 1.18%	51.27	132.83
0.55	C.P.	34.19	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	41.41	121.11
	C.P. + aditivo 1.00%	47.02	137.53
	C.P. + aditivo 1.18%	47.90	140.19
0.60	C.P.	33.34	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	38.26	114.76
	C.P. + aditivo 1.00%	40.84	122.50
	C.P. + aditivo 1.18%	42.66	127.94

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, en el gráfico N° 47 siguiente se obtiene la comparación de valores de ensayo a la resistencia por compresión.

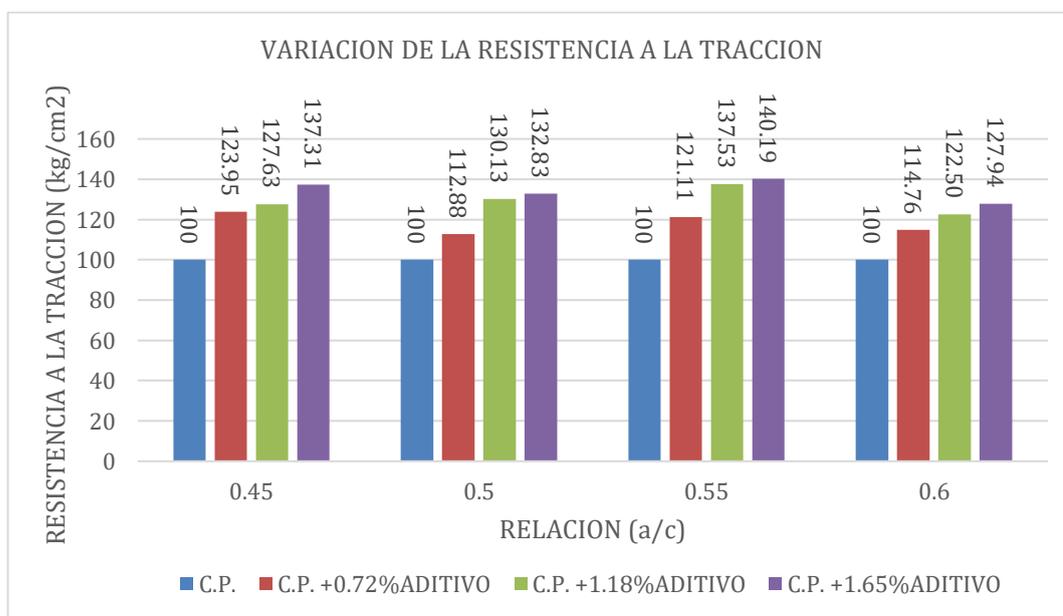


Gráfico N° 47: Variación de la resistencia a la tracción por compresión diametral

Fuente: Elaboración propia

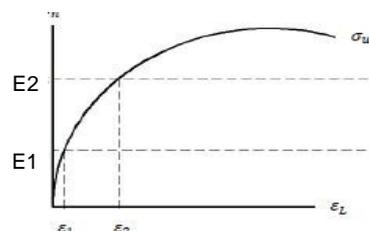
### 5.1.3.3. Módulo elástico (ASTM C469)

El módulo elástico ( $E_c$ ) ayuda para el cálculo de deformaciones en estructuras mediante carga, se permite que el módulo de elasticidad para concreto con un peso unitario entre 1442 y 2563 kg / m<sup>3</sup> se calcule utilizando la ecuación:

$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$  (MPa) (ACI 318); Sabiendo que el concreto no es un material netamente elástico, estando en el estado endurecido y mediante esfuerzos de carga formara un gráfico esfuerzo – deformación, el cual será una recta hasta donde logre prolongarse será la elasticidad del concreto.

El módulo elástico se calcula de la siguiente forma:

$$M. E. = \frac{E2 - E1}{(D2 - 0.00005)}$$



Donde:

E2 (kg/cm<sup>2</sup>): esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

E1 (kg/cm<sup>2</sup>): esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal,  $\epsilon_1$ , de 50 millonésimas

D2 (10exp (-4)): Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo E2

En el cuadro N° 73 se presenta los resultados del módulo de elástico.

Cuadro N° 73: Variación del módulo elástico

ENSAYO DEL MODULO DE ELASTICO			
relación a/c	Diseño	módulo de elasticidad (10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	variación (%)
0.45	C.P.	2.18	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.88	131.87
	C.P. + aditivo 1.00%	2.89	132.42
	C.P. + aditivo 1.18%	3.18	145.75
0.50	C.P.	1.80	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.33	129.28
	C.P. + aditivo 1.00%	2.69	149.62
	C.P. + aditivo 1.18%	2.85	158.12
0.55	C.P.	1.70	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.30	135.42
	C.P. + aditivo 1.00%	2.55	149.93
	C.P. + aditivo 1.18%	2.60	153.30
0.60	C.P.	1.68	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.21	131.47
	C.P. + aditivo 1.00%	2.47	147.31
	C.P. + aditivo 1.18%	2.62	156.07

Fuente: Elaboración propia

El cuadro anterior conlleva al siguiente gráfico N°48 donde se apreciará la comparación de los resultados del concreto y las dosificaciones de aditivo.

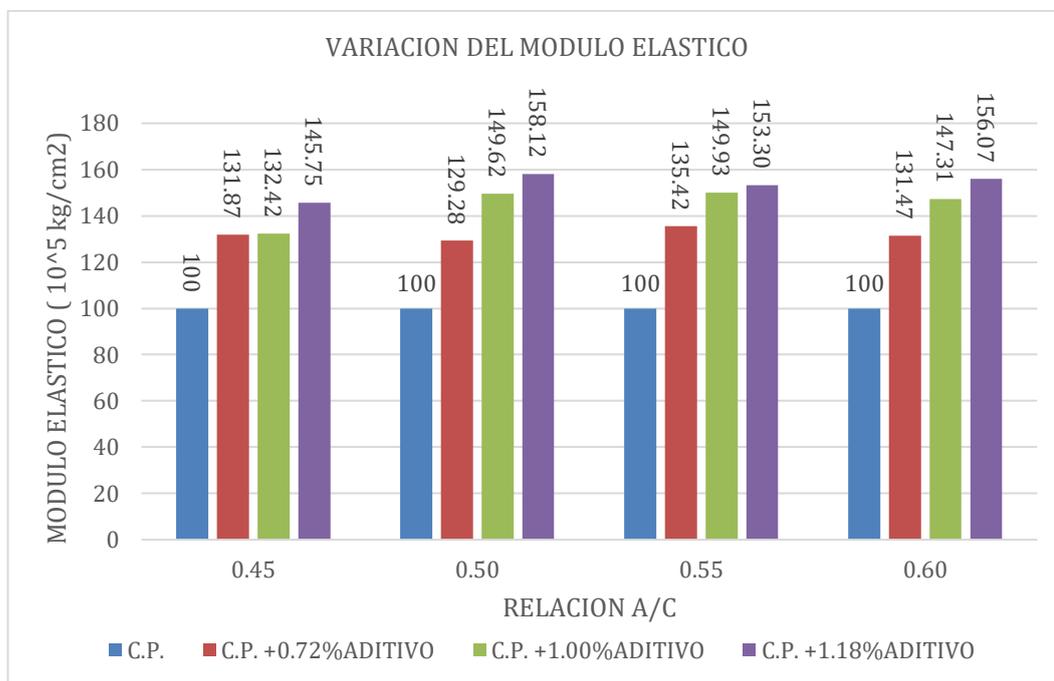


Gráfico N° 48: Variación del módulo de elasticidad

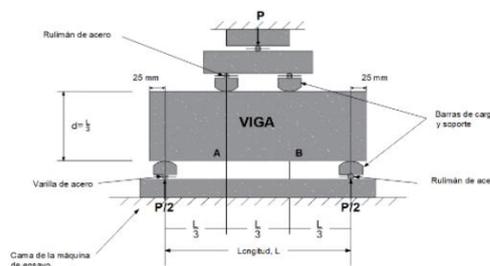
Fuente: elaboración propia

#### 5.1.3.4. Ensayo de resistencia a la flexión en vigas (NTP 339.078)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre.

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$



En donde:

$M_r$  : es el módulo de rotura, en MPa

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm

b : Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm

h : Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

En donde:

a: Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor del 5 % de la luz libre, se rechaza el ensayo.

En el cuadro N° 74 se presenta los resultados de la resistencia a la flexión obtenido en laboratorio para cada una de las relaciones a/c y dosificaciones de aditivos ensayadas a los 28 días.

Cuadro N° 74: Variación de la resistencia a la flexión

RESULTADOS DE ENSAYO A LA FLEXION EN VIGAS			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	variación (%)
0.45	C.P.	40.60	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	44.16	108.77
	C.P. + aditivo 1.00%	51.77	127.50
	C.P. + aditivo 1.18%	63.36	156.06
0.50	C.P.	38.55	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	45.95	119.19
	C.P. + aditivo 1.00%	53.26	138.16
	C.P. + aditivo 1.18%	60.99	158.21
0.55	C.P.	33.99	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	42.61	125.35
	C.P. + aditivo 1.00%	50.56	148.72
	C.P. + aditivo 1.18%	56.04	164.85
0.60	C.P.	33.32	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	42.89	128.71
	C.P. + aditivo 1.00%	47.72	143.21
	C.P. + aditivo 1.18%	52.82	158.52

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior conlleva al siguiente gráfico N° 49 donde se apreciará la

comparación de los resultados del concreto y las dosificaciones de aditivo.

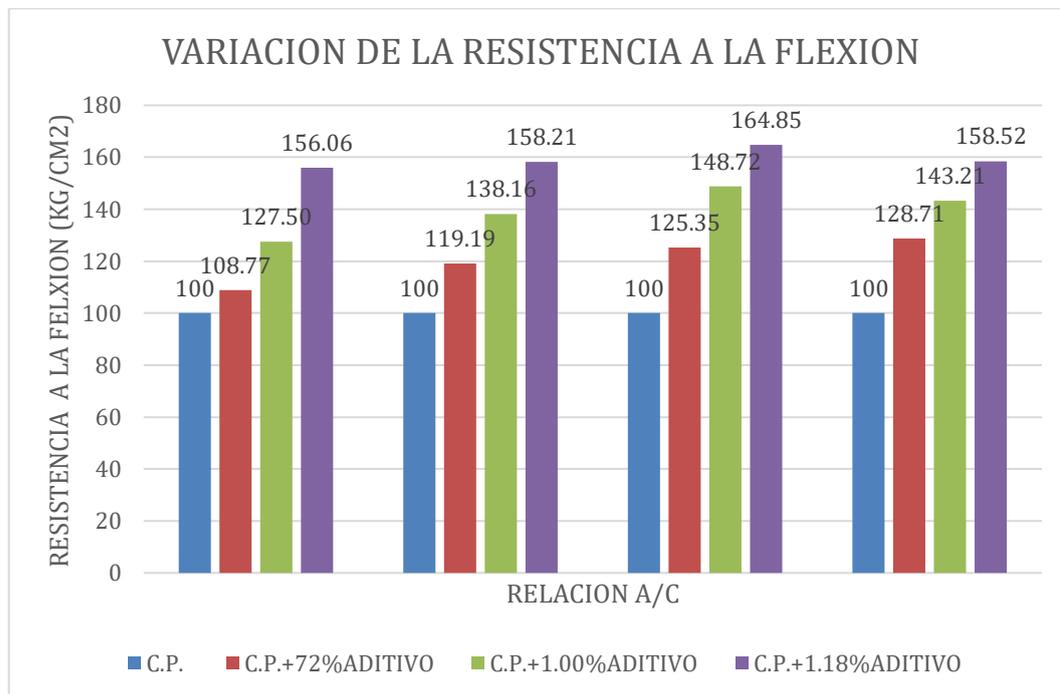


Gráfico N° 49: Variación de la resistencia a la flexión

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. ESTUDIO DE LOS RESULTADOS

Se analizan los resultados de los ensayos realizados en los agregados (fino y grueso), concreto en estado fresco y concreto en estado endurecido para las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60) con la dosificación de aditivos (0.72%, 1.00%, 1.18%) en peso del cemento.

### 5.2.1. Agregados

#### 5.2.1.1. Agregado fino

El agregado fino pertenece a la cantera TRAPICHE - Carabayllo, con un módulo de finura de 3.1 del ensayo de granulometría se obtuvo una curva dentro de los límites del Huso (C), por lo que se puede observar que cumple con los parámetros.

#### 5.2.1.2. Agregado grueso

El agregado grueso pertenece a la cantera GLORIA - Ate Vitarte, con un módulo de finura de igual a 7.25 del ensayo de granulometría se obtuvo una curva dentro

de los límites del Huso (56), por lo que se puede observar que cumple con los parámetros.

#### 5.2.1.3. *Agregado global*

Del ensayo de máximo PUC realizado para hallar la mejor combinación de agregado fino y grueso se obtuvo 49.25% y 50.75% respectivamente.

#### 5.2.2. Propiedades del concreto en estado fresco

##### 5.2.2.1. *Consistencia*

El asentamiento planteado de los ensayos se encuentra en el rango de 6" a 7", buscando un asentamiento específico de 6.5"  $\pm 1/2$ , los valores fueron los esperados. Como consecuencia de las dosificaciones de aditivo se produjo la reducción de agua para mantener el asentamiento.

##### 5.2.2.2. *Peso unitario*

El peso unitario ensayado se encuentra dentro del rango de 1700 a 2500 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a un concreto normal.

El peso unitario de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% es 2438.31, 2444.67, 2466.92 y 2453.68 kg/m<sup>3</sup> y los valores del concreto sin aditivo presenta valores de 2358.86, 2369.98, 2367.33 y 2369.45 kg/m<sup>3</sup> para las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55, y 0.60 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se adiciona aditivo, incrementan el peso unitario en un 4% del peso unitario sin aditivo, no influyendo significativamente con respecto al concreto patrón.

##### 5.2.2.3. *Fluidez*

La fluidez de los diseños con aditivo MASTER EASE 3900, muestra el mayor valor que varía en un 61% con respecto al concreto patrón en la relación a/c 0.55.

Se observa que estas variaciones para la dosificación de aditivo en las dosificaciones de aditivo varían directamente al aumentar el aditivo y están relacionados a los valores de asentamiento obtenidos.

#### 5.2.2.4. *Contenido de aire*

El contenido de aire ensayado se encuentra dentro del rango de 0.7% a 1.6%.

El contenido de aire de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18 % de aditivo muestran los valores entre 1.6 – 1.3% y el concreto sin aditivo presenta valores entre 0.70% - 0.90% para las relaciones a/c. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se agrega aditivo incrementan el contenido de aire hasta en un 100% del contenido de aire sin aditivo.

#### 5.2.2.5. *Exudación*

La exudación ensayada se encuentra dentro del rango de 0% a 2%.

El contenido de exudación de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo muestran los valores de 0.014%, 0.38% y 0.048%, 0.084% y el concreto sin aditivo presenta valores de 0.8%, 1.0%, 0.87% y 0.75% para las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se agrega aditivo, disminuyen el contenido de exudación en un 95% de la exudación sin aditivo justificándose con la disminución de agua que provoca el aditivo.

#### 5.2.2.6. *Tiempo de fragua*

- Tiempo de fragua inicial

El tiempo de fragua inicial de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo muestran los valores de 5h:25min, 6h:30min y 5h:55min y el concreto sin aditivo presenta los tiempos siguientes 4h:08min, 4h:26min, 4h:42min y 5h:05min para las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se agrega aditivo, presentan un incremento al tiempo de fragua inicial hasta de 50% del tiempo de fragua inicial sin aditivo justificándose con la condición de retardante de fragua que provoca el aditivo.

- Tiempo de fragua final

El tiempo de fragua final de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo muestran los valores de 7h: 30min, 7h: 38min, 7h:

44min, 7h: 52min y el concreto sin aditivo presenta los tiempos siguientes 5h: 27min, 5h: 48min, 6h: 19min y 6h:38 para las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se agrega aditivo, presentan un incremento al tiempo de fragua final hasta en un 38% del tiempo de fragua final sin aditivo justificándose con la condición de retardante de fragua que provoca el aditivo.

### 5.2.3. Propiedades de concreto en estado endurecido

#### 5.2.3.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión axial a los días 28 de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo muestran los valores de 700.40, 631.87, 620.50, 519.22 kg/cm<sup>2</sup> y el concreto sin aditivo presenta las resistencias siguientes 370.18, 358.26, 332.82, 314.17 kg/cm<sup>2</sup> para la relación a/c de 0.45, 0.50, 0.55, 0.60 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se dosifica mayor aditivo, presentan un incremento a la resistencia a la compresión hasta en un 89% de la resistencia sin aditivo (28 días) justificándose con la condición de la gran reducción de agua que provoca el aditivo. Se obtiene en los gráficos N° 50, N° 51, N° 52, N° 53 los datos obtenidos a los 7, 14 y 28 días.

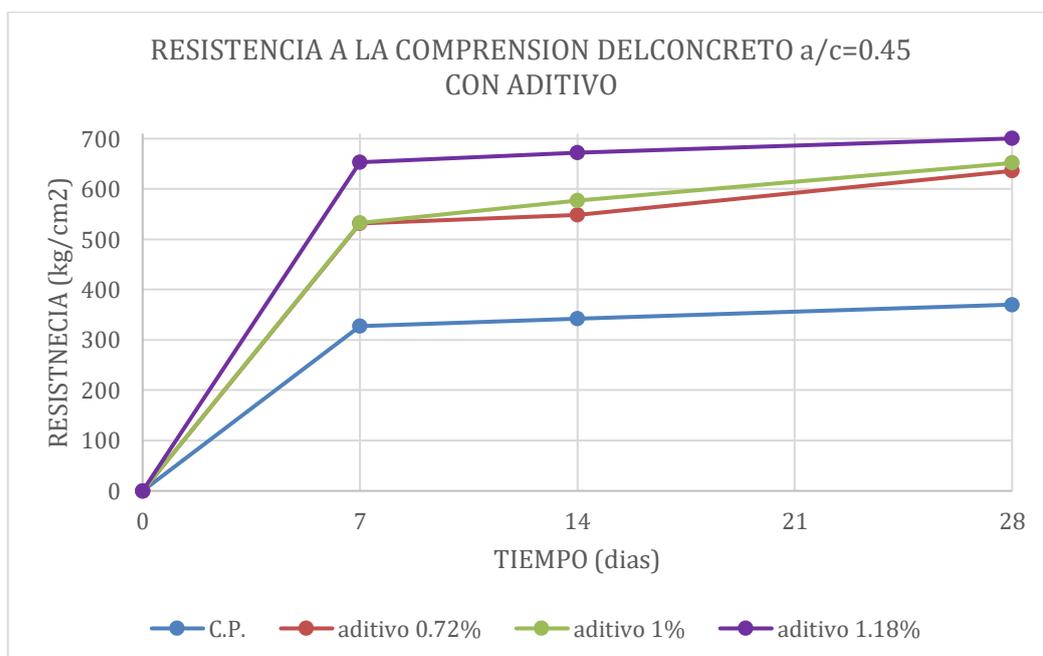


Gráfico N° 50: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

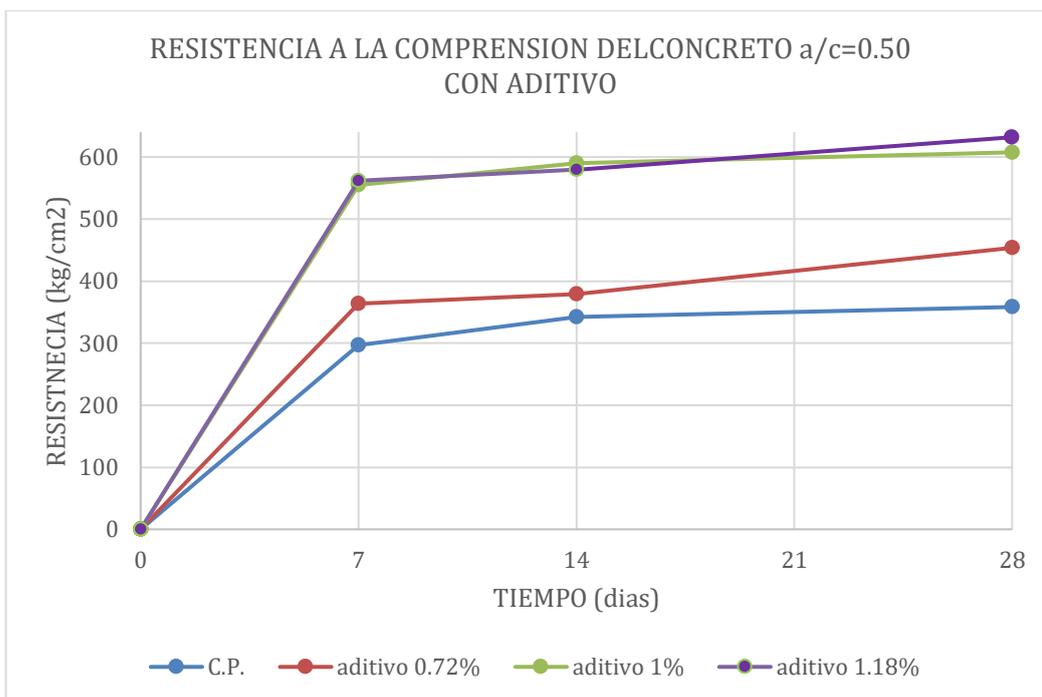


Gráfico N° 51: Análisis de resistencia a la compresión de la relación  $a/c=0.50$

Fuente: Elaboración propia

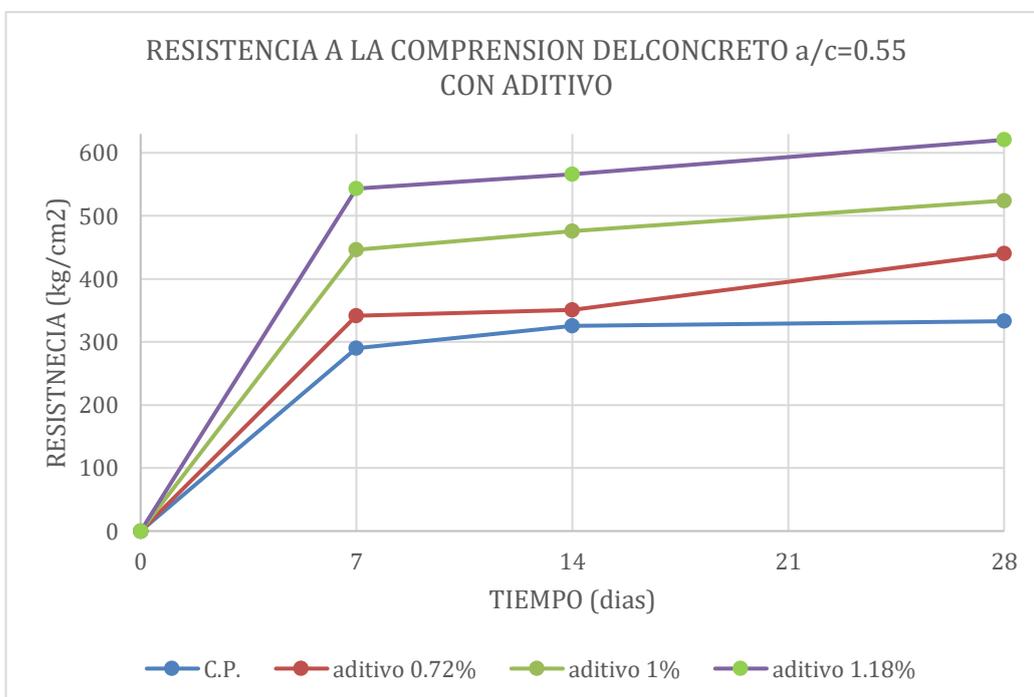


Gráfico N° 52: Análisis de resistencia a la compresión de la relación  $a/c=0.55$

Fuente: Elaboración propia

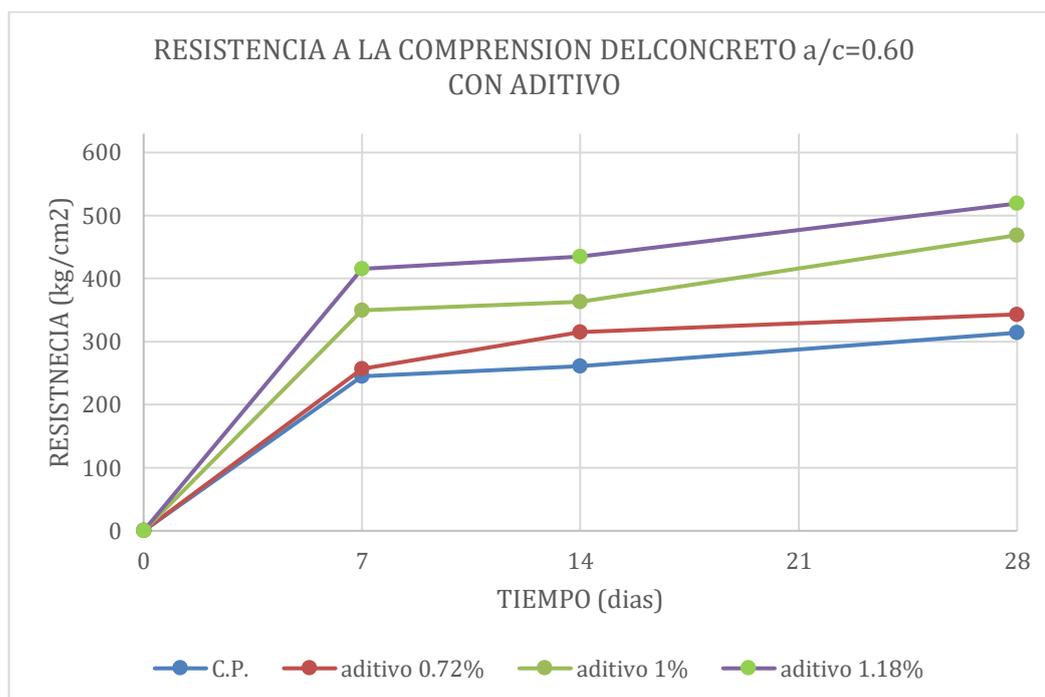


Gráfico N° 53: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.60

Fuente: Elaboración propia

En los cuatro casos se presenta que las muestras con aditivo se encuentran por encima de la compresión del concreto patrón, debido a la reducción de agua generada.

### 5.2.3.2. Resistencia a la tracción

Para las relaciones a/c estudiadas se obtiene del cuadro N° 72 y gráfico N°47 lo siguiente:

Para la relación a/c de 0.45 los diseños con aditivo tienen una resistencia de compresión diametral de 50.75 y 52.26, 56.22 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 40.95 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 123.95%, 127.63% y 137.31% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.50 los diseños con aditivo tienen una resistencia de compresión diametral de 43.57, 50.23 y 51.27 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 38.60. kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 112.88%, 130.13% y 132.83% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.55 los diseños con aditivo tienen una resistencia de compresión diametral de 41.41, 47.02 y 47.93 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 34.19 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 121.11%, 137.53% y 140.19% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.60 los diseños con aditivo tienen una resistencia de compresión diametral de 38.26, 40.84 y 42.65 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 33.34 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 114.76%, 122.50% y 127.94% respectivamente.

### 5.2.3.3. *Módulo elástico*

Para las relaciones a/c estudiadas se obtiene del cuadro N° 73 y gráfico N°48 lo siguiente:

Para la relación a/c de 0.45 los diseños con aditivo tienen un módulo elástico de  $2.876 \cdot 10^5$ ,  $2.888 \cdot 10^5$  y  $3.179 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente, en comparación con  $2.181 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 131.87%, 132.42% y 145.75% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.50 los diseños con aditivo tienen un módulo elástico de  $2.327 \cdot 10^5$ ,  $2.693 \cdot 10^5$  y  $2.846 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente, en comparación con  $1.800 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 129.28%, 146.62% y 158.12% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.55 los diseños con aditivo tienen un módulo elástico de  $2.301 \cdot 10^5$ ,  $2.547 \cdot 10^5$  y  $2.604 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente, en comparación con  $1.699 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 135.42%, 149.93% y 153.30% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.60 los diseños con aditivo tienen un módulo elástico de  $2.206 \cdot 10^5$ ,  $2.472 \cdot 10^5$  y  $2.619 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente, en comparación con  $1.678 \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 131.47%, 147.31% y 156.07% respectivamente.

#### 5.2.3.4. Resistencia a la flexión

Para las relaciones a/c estudiadas se obtiene del cuadro N° 74 y gráfico N°49 lo siguiente:

Para la relación a/c de 0.45 los diseños con aditivo tienen un módulo de flexión de 44.16 y 51.77, 63.36 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 40.60 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 108.77%, 127.50% y 156.06% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.50 los diseños con aditivo tienen un módulo de flexión de 45.95, 53.26 y 60.99 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 38.55. kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 119.19%, 138.16% y 158.21% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.55 los diseños con aditivo tienen un módulo de flexión de 42.61, 50.56 y 56.04 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 33.99 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 125.35%, 148.72% y 164.85% respectivamente.

Para la relación a/c de 0.60 los diseños con aditivo un módulo de flexión de 42.89, 47.72 y 52.82 kg/cm<sup>2</sup> para las dosificaciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respectivamente. En comparación con 33.32 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, significando un 128.71%, 143.21% y 158.52% respectivamente.

#### 5.2.3.5. Reducción de la cantidad de agua

La reducción de la cantidad de agua de los diseños con el contenido mayor de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo muestran los valores de 35.41%, 35.47%, 36.46%, 26.58% para la relación a/c de 0.45, 0.50, 0.55, 0.60 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se dosifica mayor aditivo, presentan un incremento a la reducción de agua hasta en un 36.46% de la resistencia sin aditivo justificándose con la condición de reductor de agua característica del aditivo.

Se mostrará en el cuadro N° 75 el comportamiento de los datos obtenidos mencionados líneas arriba.

Cuadro N° 75: Variación de la reducción de la cantidad de agua

Relación a/c	% de aditivo	agua de diseño (lt)	reducción de agua(lt)	variación %
0.45	0	239.00	0.00	0.00
	0.72	181.39	57.61	24.10
	1.00	158.28	80.72	33.77
	1.18	154.37	84.63	35.41
0.5	0	223.00	0.00	0.00
	0.72	180.28	42.72	19.16
	1.00	151.68	71.32	31.98
	1.18	143.91	79.09	35.47
0.55	0	215.00	0.00	0.00
	0.72	179.2	35.80	16.65
	1.00	148.23	66.77	31.06
	1.18	136.61	78.39	36.46
0.6	0	214.00	0.00	0.00
	0.72	176.66	37.34	17.45
	1.00	174.11	39.89	18.64
	1.18	157.12	56.88	26.58

### 5.3. ANALISIS DE COSTOS DE LOS RESULTADOS

Se analiza el costo beneficio que el aditivo MASTER EASE 3900 puede influir en los diseños de concreto.

Este análisis toma dos aspectos importantes, el cual será un análisis en el costo y la resistencia en soles por cada kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Se toma como medida 1m<sup>3</sup> de concreto para el análisis de costos tomando como referencia la procedencia los materiales usados en la presente tesis y su respectivo costo en el mercado, siendo estos los siguientes:

- Agregado fino (cantera Trapiche)
- Agregado grueso (cantera Gloria)
- Cemento sol portland tipo I
- Aditivo superplastificante MASTER EASE 3900
- Agua potable

El costo de este análisis se detalla en el Anexo D y precios correspondientes a marzo 2021, considerando que no se toma el costo de mano de obra, equipos, transporte o colocación debido a que corresponden a variables que se fijan en campó.

En los siguientes cuadros N° 76 y N° 77 son los costos y resistencias a la

compresión donde se muestra la variación porcentual tomando como referencia al concreto patrón para cada una de las relaciones a/c.

Cuadro N° 76: Variación de los costos con respecto al concreto patrón

VARIACION DE COSTOS PARA CADA a/c			
relación a/c	Diseño	Costos por cada 1m3 (S/.)	variación (%)
0.45	C.P.	313.80	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	349.26	146.14
	C.P. + aditivo 1.00%	363.08	151.92
	C.P. + aditivo 1.18%	371.49	155.44
0.5	C.P.	267.74	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	299.19	125.18
	C.P. + aditivo 1.00%	311.20	130.21
	C.P. + aditivo 1.18%	318.45	133.24
0.55	C.P.	240.98	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	266.79	111.63
	C.P. + aditivo 1.00%	277.57	116.14
	C.P. + aditivo 1.18%	284.14	118.89
0.6	C.P.	222.90	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	245.73	102.82
	C.P. + aditivo 1.00%	254.29	106.40
	C.P. + aditivo 1.18%	259.79	108.70

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 77: Variación de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón

VARIACION DE RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA CADA a/c			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	variación (%)
0.45	C.P.	370.18	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	635.95	266.09
	C.P. + aditivo 1.00%	651.66	272.66
	C.P. + aditivo 1.18%	700.40	293.05
0.5	C.P.	358.26	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	453.68	189.82
	C.P. + aditivo 1.00%	607.52	254.19
	C.P. + aditivo 1.18%	631.87	264.38
0.55	C.P.	332.82	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	439.84	184.03
	C.P. + aditivo 1.00%	524.22	219.34
	C.P. + aditivo 1.18%	620.50	259.63
0.6	C.P.	314.17	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	343.34	143.65
	C.P. + aditivo 1.00%	368.99	154.39
	C.P. + aditivo 1.18%	519.22	217.25

Fuente: Elaboración propia

Se muestra un gráfico N° 54 de comparación de los resultados de los costos obtenidos con referencia al concreto patrón

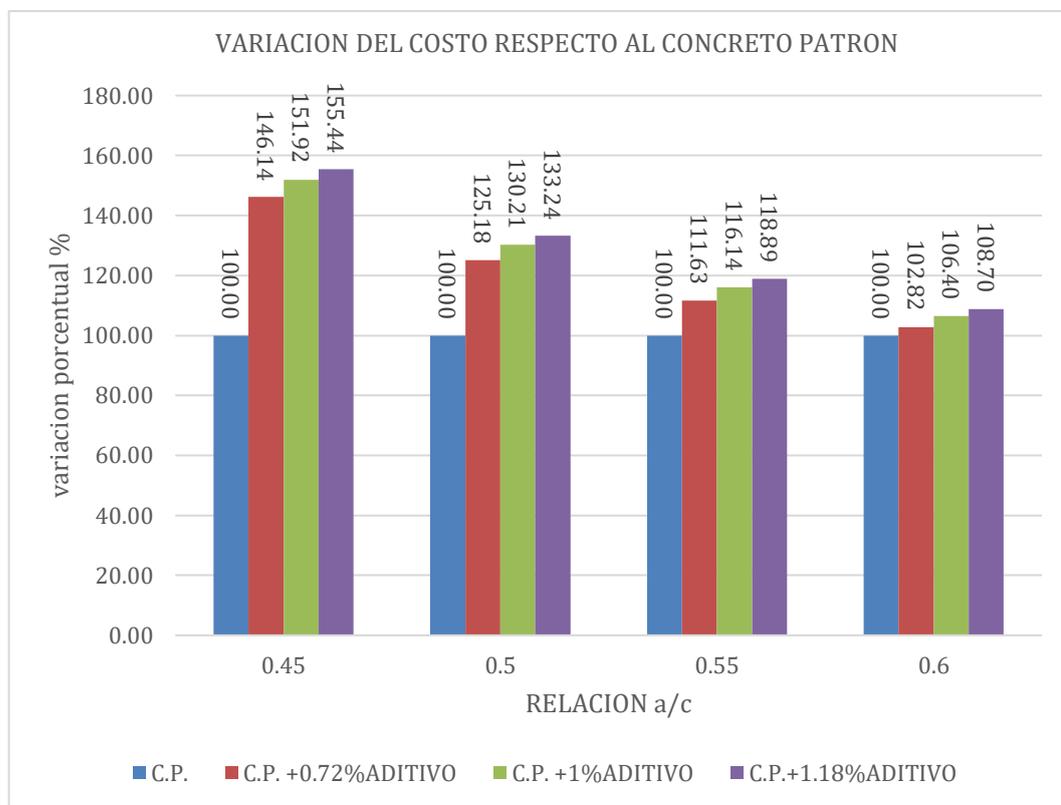


Gráfico N° 54: Análisis comparativo de los costos respecto al concreto patrón

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de relacionar el costo con la resistencia a la compresión se analiza el cuadro N° 78 resumen siendo el costo del concreto por cada kg/cm<sup>2</sup> dividiendo ambos resultados de los cuadros N° 76 y N° 77 respectivamente

Cuadro N° 78: Variación del costo del concreto por cada kg/cm<sup>2</sup>

a/c	COMPARACION DE COSTO- RESISTENCIA A LA COMPRESION			
	C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.45	0.85	0.55	0.56	0.53
0.5	0.75	0.66	0.51	0.50
0.55	0.72	0.61	0.53	0.46
0.6	0.71	0.72	0.69	0.50

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 55 se muestra la comparación de costos (S/.) por cada kg/cm2 con los tipos de mezcla realizados

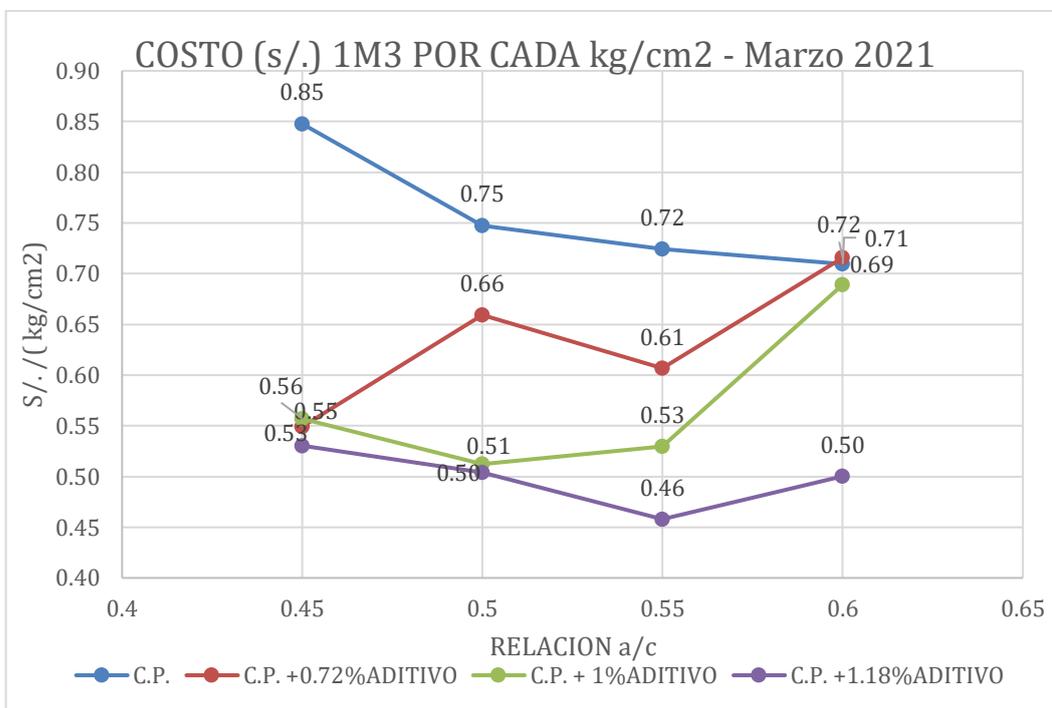


Gráfico N° 55: Resumen de costos por cada kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- ❖ Se cumplió con el principal objetivo de estudiar al concreto con aditivo superplastificante reductor de agua MASTEREASE 3900 con cemento portland tipo I, para concreto de mediana a alta resistencias y poder verificar las propiedades del aditivo.
- ❖ Se han realizado 377 probetas de concreto (288 a compresion, 48 traccion, 32 modulo elástico y 9 para agregado optimo por resistencia) y 32 vigas, este número de probetas y vigas ha generado un espacio muestral que se puede considerar que los resultados serán confiables y viables, debido a que los ensayos realizados cumplen con mejorar el comportamiento reológico de la mezcla para ser aplicados en campo.
- ❖ Se verifica la reducción de agua para mantenerse el asentamiento requerido de 6" a 7" y se encuentra en el rango [17% - 36%] con respecto al concreto patrón. Al realizar los diseños de mezcla agregando más de aditivo superplastificante MASTER EASE 3900, se requiere menor cantidad de agua para cada diseño.
- ❖ Los resultados de los ensayos de peso unitario indican que mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTER EASE 3900, se incrementa el peso unitario en un rango de [1.5% - 4.2%] con respecto al concreto patrón. Sin embargo, no sufre son incrementos significativos que afecten el desempeño del concreto.
- ❖ La fluidez de la mezcla de concreto tiene el siguiente comportamiento: mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTER EASE 3900, en la dosificación de aditivo (0.72 y 1.00%) se incrementa la fluidez en [15% - 60%] con respecto al concreto patrón, sin embargo, al seguir incluyendo aditivo (1.18%) la fluidez empieza a decrecer haciéndola menos trabajable y manipulable para un concreto bombeable.
- ❖ El contenido de aire del concreto patrón está en el rango de [0.7% - 0.9%], mientras se va incluyendo el aditivo superplastificante MASTER EASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa el

contenido de aire en un rango de [14% - 100%] respecto al concreto patrón. Sin embargo, las resistencias a la compresión axial no fueron afectadas significativamente al darse este incremento de aire.

- ❖ La exudación de la mezcla del concreto sufre disminuciones significativas que se encuentran en el rango de [89% - 99%] respecto al concreto patrón, cuando se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900, disminuye significativamente la exudación debido a la reducción de agua obteniendo un concreto con mejor acomodo de las partículas para una mejor resistencia del concreto.
- ❖ El tiempo de fragua inicial del concreto patrón está en el rango de [4h08min - 5h05min], mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa el tiempo de fragua inicial en un rango de [10% - 50%] respecto al concreto patrón, siendo beneficioso para concretos vaciados en climas calientes.
- ❖ El tiempo de fragua final del concreto patrón está en el rango de [5h27min - 6h38min], mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa el tiempo de fragua final en un rango de [6% - 38%] respecto al concreto patrón, dándole al concreto mayor tiempo de manejabilidad para una colocación adecuada.
- ❖ Las resistencias a la compresión (28 días) del concreto patrón obtenidas están en un rango de [314 - 370] kg/cm<sup>2</sup>, mientras se agrega más dosificación de aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 en los diseños de mezcla para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa la resistencia a la compresión hasta un 89% respecto al concreto patrón, ya que debido a la reducción de la cantidad de agua se disminuye la relación a/c dando resistencias más altas.
- ❖ La resistencia a la tracción diametral del concreto patrón está en el rango de [33 - 41] kg/cm<sup>2</sup>, mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa la resistencia a la tracción diametral en un rango de [13% - 40%]

respecto al concreto patrón, siendo beneficioso contra el agrietamiento que pueda presentar el concreto por el secado o disminución de temperatura

- ❖ El módulo de elasticidad del concreto patrón está en el rango de  $[1.68 - 2.18] \cdot 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>, mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa el módulo Elástico en un rango de [29% - 58%], respecto al concreto patrón, beneficiando en la rigidez y flexiones del concreto.
- ❖ La resistencia a la flexión del concreto patrón está en el rango de [33 - 41] kg/cm<sup>2</sup>, mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.45, 0.50, 0.55 y 0.60), se incrementa la resistencia del módulo de flexión en un rango de [9% - 59%] respecto al concreto patrón, dando un mejor comportamiento para la calidad del concreto en pavimentos.
- ❖ El costo del concreto patrón está en el rango de [0.71 - 0.85]. S. / kg/cm<sup>2</sup>, se verifica que mientras agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900, se incrementa el costo en un rango de [3% - 55%] respecto al concreto patrón. Sin embargo, en el análisis costo/beneficio se observa que el costo por kg/cm<sup>2</sup> disminuye en un intervalo de hasta [37%] respecto al concreto patrón, beneficiando el aditivo en los costos para la elaboración del concreto.
- ❖ En el análisis comparativo con las relaciones a/c de 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60 se identificó un óptimo costo beneficio en las relaciones [0.50 - 0.55] con las dosificaciones de aditivo MASTER EASE 3900 de [1.00% - 1.18%], sin embargo el mejor comportamiento reológico para las relaciones a/c mencionadas se produce en las dosificaciones de [0.72% - 1.00%]; en consecuencia considerando el costo/beneficio y un buen comportamiento reológico se tendría un diseño base óptimo de obra en las relaciones [0.50 - 0.55] y con dosificaciones de [1.00%].

## RECOMENDACIONES

- ❖ Para la dosificación de aditivo MASTEREASE 3900, se recomienda diseñar con dosificaciones no mayores a 1.2% cuando se busca concretos de alta resistencia, debido a que la mezcla va perdiendo trabajabilidad y fácil manipulación en estado fresco.
- ❖ Se puede usar el aditivo MASTEREASE 3900, al requerir concretos fluidos según se requiera en campo debido a que se demostró un buen comportamiento con asentamientos entre 6" a 7" para facilitar la colocación del concreto.
- ❖ Al tener un alto grado de disminución de la exudación se recomendaría usarlo el aditivo MASTER EASE 3900 en diseños de pavimentos rígidos o en elementos donde predomine la superficie superior sobre el volumen debido a que estas obras requieren una exudación baja.
- ❖ Se recomienda usar el aditivo MASTER ESASE 3900 como retardador en el tiempo de fragua ya que se demostró que con un porcentaje de 1.18% de aditivo, se obtuvo hasta en un 50.4% de fragua inicial y un 37.6% de fragua final.
- ❖ Se puede usar el aditivo MASTER EASE 3900 como superplastificante, debido a que se demostró que se puede obtener resistencias a la compresión mucho mayores de hasta 700 kg/cm<sup>2</sup> (cuadro N° 69) a los 28 días en el rango de dosificaciones estudiadas. También recomendado combinarlas con relaciones a/c mayores a 0.60 con la finalidad de tener un mayor espectro de comportamiento del aditivo ya para concretos de media a baja resistencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón Hullpa Edgar (2005), "Estudio comparativo de los aditivos superplastificantes utilizados en nuestro medio e influencia de las propiedades del concreto con cemento tipo I, V, IP", Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
2. American Concrete Institute, (1989), Building Code requirements for reinforced concrete; (ACI 318), EE. UU, Detroit.
3. Basf Perú (2017), HOJA TÉCNICA Aditivo Superplastificante/ reductor de agua "MasterEase 3900", Perú, Lima.
4. Cachay Huamán Rafael (1995), "Diseño de Mezclas - Método de Agregado Global y Módulo de Finura, para concreto de mediana a alta resistencia", Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
5. Cementos Lima S.A. (2005), "Productos: Cemento Portland tipo I (Cemento Sol)", Perú, Lima.
6. Instituto Mexicano del cemento y del concreto (1991), "Aditivos para concreto", D.F: Limusa, México
7. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Hormigón, método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto". NTP 339.034. Tercera edición, Perú, Lima.
8. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2009), "Hormigón, método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de abrams". NTP 339.035. Tercera edición, Perú, Lima.
9. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Hormigón, método de ensayo normalizados para exudación del hormigón". NTP 339.077. Tercera edición, Perú, Lima.
10. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual

- (2001), "Concreto, método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de las mezclas por medio de la resistencia a la penetración". NTP 339.082. Tercera edición, Perú, Lima.
11. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2012), "Hormigón, método de ensayo para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón por compresión diametral de una probeta cilíndrica". NTP 339.084. Tercera edición, Perú, Lima.
12. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (1981), "Concreto, método de ensayo para la determinación del índice de consistencia de hormigones frescos, por el método de la mesa de sacudidas". NTP 339.085. Tercera edición, Perú, Lima.
13. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Concreto, método de ensayo normalizado contenido de humedad evaporable de agregados por secado". NTP 339.185. Segunda edición, Perú, Lima.
14. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Agregados, análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global". NTP 400.012. Tercera edición, Perú, Lima.
15. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Agregados, método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N°200) por lavado de agregados". NTP 400.18. Tercera edición, Perú, Lima.
16. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Agregados, método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso". NTP 400.21. Tercera edición, Perú, Lima.
17. Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2013), "Agregados, método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino". NTP 400.22. Tercera edición, Perú, Lima.

18. Mayta Rojas Jhonatan (2014), “influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo”. Tesis de grado, Ediciones de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú, Huancayo.
19. Palomares Carmona Jaime Paul (2009), “Estudio de las características del concreto utilizando aditivo reductor de agua de alto rango – superplastificante y cemento portland tipo I”, Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
20. Peredo Romero Marianella (2000), “Estudio del comportamiento del concreto con cemento Portland tipo I”, Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
21. Reymundo Gamarra Richard (1994), “Estudio de la influencia del aditivo superplastificante – reductor de agua de alto rango sobre las propiedades del concreto” Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
22. Riva López Enrique (2000), “Naturaleza y materiales del concreto”, ACI Capítulo peruano, Perú, Lima.
23. Riva López Enrique (2007), “Tecnología del concreto, diseño de mezclas”, Editorial Hozlo, Perú, Lima.
24. Rodríguez Dávila Úrsula Valeria (2018), “Estudio del comportamiento del concreto de mediana a baja resistencia con Cemento Portland Tipo V y un aditivo retardador de fraguado”, Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
25. Tesillo Ayala Alberto (2004), “Estudio de las propiedades de concreto en estado fresco y endurecido con Cemento Portland tipo I utilizando un aditivo plastificante”, Tesis grado, Ediciones FIC-UNI, Perú, Lima.
26. Varas Vásquez Jean Carlos (2019), “Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con aditivo súper plastificante y cemento portland tipo I”, Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
27. Vargas Enrique David (2004), “Estudio del concreto de mediana a alta

resistencia variando el agregado grueso tipo canto rodado del río, usando aditivo superplastificante de fraguado normal”. Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.

28. Vilca Aranda Patricia Amarilis (2008), “Obtención del concreto de alta resistencia”. Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.

29. Villaca Acero Hilario (2019), “Análisis de las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia con aditivo superplastificante y cemento Portland tipo I”, Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.

## ANEXOS

ANEXO A: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	110
ANEXO B: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	116
ANEXO C: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	141
ANEXO D: ANÁLISIS DE COSTOS.....	168
ANEXO E: PANEL FOTOGRÁFICO.....	171
ANEXO F: CERTIFICADO DE LABORATORIO.....	180

## ANEXO A: ENSAYOS DE AGREGADOS

### A.1. Granulometría

#### A.1.1. Agregado fino

Granulometría del agregado fino						
Malla	MUESTRA 1 (gr)	MUESTRA 2 (gr)	MUESTRA 3 (gr)	PROMEDIO (gr)	%RETENIDO	% ACUMULADO
1/2"						
3/8"						
1/4"						
N°4	0.50	0.50	0.40	0.47	0.05	0.05
N°8	116.70	110.40	157.90	128.33	12.83	12.88
N°16	257.60	313.20	320.50	297.10	29.71	42.59
N°30	293.40	293.90	280.10	289.13	28.91	71.50
N°50	206.80	181.80	158.70	182.43	18.24	89.75
N°100	88.40	72.30	57.70	72.80	7.28	97.03
Fondo	36.60	27.90	24.70	29.73	2.97	2.97
total	1000.00	1000.00	1000.00	1000		

#### A.1.2. Agregado grueso

Granulometría del agregado grueso						
Malla	Muestra 1 (gr)	Muestra 2 (gr)	Muestra 3 (gr)	Promedio (gr)	%Retenido	% Acumulado
1 1/2"						
1"	738.21	895.13	896.42	843.25	8.43	8.43
3/4"	2754.07	2445.40	3424.64	2874.70	28.75	37.18
1/2"	3482.84	3886.00	3571.99	3646.95	36.47	73.65
3/8"	1467.62	1484.47	1299.93	1417.34	14.17	87.82
N°4	1531.15	1257.38	798.27	1195.60	11.96	99.78
Fondo	26.11	31.61	8.75	22.16		
Total	10000	10000	10000	10000		

A.1.3. Agregado global

Malla	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL										USO 1/2"			USO 3/4"		USO 3/8"		ABERTURA (mm)			PORCENTAJE QUE PASA		
	ABERTURA (mm)	% Retenido arena	% Retenido piedra	% Retenido A (49.2%)	% Retenido P (50.8%)	% Retenido Total	% Retenido acumulado	% Acumulado que Pasa	LIMITE INFERIOR SUPERIOR	LIMITE SUPERIOR	I	II	III										
2"	50		0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100							100	100	100					
1 1/2"	37.5		0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	100							62	80	89					
1"	25		8.43	0.00	4.28	4.28	95.72	60	90	100						38	62	77					
3/4"	19.0		28.75	0.00	14.60	14.60	81.11	45	80	100						23.0	47	65					
1/2"	12.5		36.47	0.00	18.53	18.53	62.59	35	68	80	100					14	37	53					
3/8"	9.5		14.17	0.00	7.20	7.20	55.39	30	58	65	95	100				8	28	42					
N°4	4.75	0.05	11.96	0.02	6.07	6.10	49.29	25	50	55	30	65				2	8	15					
N°8	2.36	12.83	0.22	6.31	0.11	6.43	42.86	20	45	48	20	50				NORMA DIN 1045, USOS GRANULOENTRICOS							
N°16	1.18	29.71		14.62		14.62	28.25	14	38	42	15	40											
N°30	0.6	28.91		14.23		14.23	14.02	8	30	35	10	30											
N°50	0.3	18.24		8.98		8.98	5.04	3	20	20	5	15											
N°100	0.15	7.28		3.58		3.58	1.46	0	8	8	0	8											
Fondo	0	2.97		1.46		1.46	0.00	0	0	0	0	0											
TOTAL		100.00	100.00	49.2	50.8	100																	

## A.2. Módulo de fineza

### A.2.1. Agregado fino

MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO	
MF=	$\frac{\sum \% \text{retenido\_acumulado}(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$
MF=	3.14

### A.2.2. Agregado grueso

MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO GRUESO	
MF=	$\frac{\sum \% \text{retenido\_acumulado}(6''+3''+1\frac{1}{2}''+\frac{3}{4}''+\frac{3}{8}''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}47.5+N^{\circ}75)}{100}$
MF=	$(12.8+42.5+71+5.89+5.97)/100$
MF=	7.25

### A.2.3. Agregado global

MODULO DE FINEZA DEL A GREGADO GLOBAL	
MF=	$(3''+1\frac{1}{2}''+3/4''+3/8''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)/100$
MF=	$(18.89+44.61+50.71+57.14+71.75+85.98+94.96+98.54)/100$
MF=	5.23

## A.3. Peso unitario

### A.3.1. P.U.S. y P.U.C. del agregado fino

PUS DEL AGREGADO FINO				
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	M3	PROMEDIO (kg/m3)
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= A	5.8551	5.8086	5.8731	1508
Peso de molde (kg) = B	1.5744	1.5744	1.5744	
Volumen de molde (m3)= C	0.0028	0.0028	0.0028	
Peso del agregado (kg)= A-B	4.2807	4.2342	4.2987	
Peso unitario Suelto (kg/m3) = (A-B)/C	1512	1495	1518	

PUC DEL AGREGADO FINO				
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	M3	PROMEDIO (kg/m3)
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= A	6.3319	6.3565	6.3708	1688
Peso de molde (kg) = B	1.5744	1.5744	1.5744	
Volumen de molde (m3)= C	0.0028	0.0028	0.0028	
Peso del agregado (kg)= A-B	4.7575	4.7821	4.7964	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = (A-B)/C	1680	1689	1694	

A.3.2. P.U.S. Y P.U.C. del agregado grueso

PUS DEL AGREGADO GRUESO				
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	M3	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	18.08	17.87	17.9	1440
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	13.72	13.51	13.54	
Peso unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	1454	1431	1434	
PUC DEL AGREGADO GRUESO				
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	M3	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	19.33	19.33	19.33	1586
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	14.97	14.97	14.97	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	1586	1586	1586	

A.3.3. P.U.C. del agregado global

PUC DEL AGREGADO GLOBAL AL 44% DE ARENA			
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	23.15	23.11	1988.58
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	18.79	18.75	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	1991	1986	

PUC DEL AGREGADO GLOBAL AL 47% DE ARENA			
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	23.39	23.7	2032.55
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	19.03	19.34	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2016	2049	

PUC DEL AGREGADO GLOBAL AL 50% DE ARENA			
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	23.38	23.9	2042.61
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	19.02	19.54	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2015	2070	

PUC DEL AGREGADO GLOBAL AL 53% DE ARENA			
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	23.03	23.37	1996.00
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	18.67	19.01	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	1978	2014	

PUC DEL AGREGADO GLOBAL AL 56% DE ARENA			
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	PROMEDIO (kg/m <sup>3</sup> )
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	23.23	23.1	1992.29
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	4.36	4.36	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )= <b>C</b>	0.0094	0.0094	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	18.87	18.74	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	1999	1985	

#### A.4. Peso específico y absorción

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

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO NTP. 400.022				PROMEDIO gr/cm <sup>3</sup>
CODIGO DE MUESTRAS	M1	M2	M3	
Peso de fiola (calibrada con agua) = <b>A</b>	709	709	709	
Peso de fiola (calibrada con agua) + Peso material = <b>B</b>	1209	1209	1209	
Peso fiola + agua + material s.s.s. (extraído el aire) = <b>C</b>	1005.7	1013.9	1017.2	
Volumen de la masa + volumen de vacíos = <b>D = (B-C)</b>	203.3	195.1	191.8	
Peso de material seco = <b>E</b>	480	481.58	481.1	
Volumen de la masa = <b>F= D - (PESO MATERIAL SSS-E)</b>	183.3	176.68	172.9	
Peso específico bulk (base seca) = <b>E/D</b>	2.36	2.47	2.51	
Peso aparente (base seca) = <b>E/F</b>	2.62	2.73	2.78	
ABSORCION = <b>(MAT. S.S.S. - E)/E</b>	4.17	3.82	3.93	PROMEDIO (%)
				3.97

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

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO NTP. 400.021				PROMEDIO gr/cm <sup>3</sup>
CODIGO DE MUESTRAS	M1	M2	M3	
Peso de material S.S.S. = <b>A</b>	4000.0	4000.0	4000.0	
Peso de material S.S.S (sumergido)= <b>B</b>	2548.3	2551.8	2541.6	
Volumen de la masa + volumen de vacíos = <b>C = (A-B)</b>	1451.7	1448.2	1458.4	
Peso de material seco = <b>D</b>	3960.1	3964.6	3954.7	
Volumen de la masa = <b>E= C - (A-D)</b>	1411.8	1412.8	1413.1	

Peso específico bulk (base seca) = $D/C$	2.73	2.74	2.71	2.73
Peso específico bulk (base saturada) = $A/C$	2.76	2.76	2.74	<b>PROMEDIO (%)</b>
Peso aparente (base seca) = $D/E$	2.81	2.81	2.80	
ABSORCION = $(A-D)/D$	1.01	0.89	1.15	1.02

## A.5. Contenido de humedad

### A.6.1. Contenido de humedad del agregado fino

<b>CONTENIDO DE HUEMDAD DEL AGREGADO FINO NTP 400.022</b>				<b>PROMEDIO (%)</b>
Código de muestras	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	
Peso de la muestra humedad (gr)= A	716	769	791.1	<b>PROMEDIO (%)</b>
Peso material seco (gr) =B	687.3	736.8	751.2	
Contenido de humedad = $(A-B)/B * 100$ (%)	4.1758	4.3702	5.3115	4.62

### A.6.2. Contenido de humedad del agregado grueso

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO NTP 400.021</b>				<b>PROMEDIO (%)</b>
Código de muestras	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	
Peso de la muestra humedad (gr)= A	1943.7	2088.1	2367.7	<b>PROMEDIO (%)</b>
Peso material seco (gr) =B	1933.6	2076.4	2355.6	
Contenido de humedad = $(A-B)/B * 100$ (%)	0.5223	0.5635	0.5137	0.53

### A.7 Porcentaje de la malla N° 200

<b>PORCETAJE QUE PASA LA MALLA N°200 NTP 400.012</b>				<b>PROMEDIO (%)</b>
Código de muestras	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	
Peso de la muestra (gr)= A	500	500	500	<b>PROMEDIO (%)</b>
Peso material seco (gr) =B	481.4	480.3	478.8	
Contenido de humedad = $(A-B)/B * 100$ (%)	3.8637	4.1016	4.4277	4.13

## ANEXO B: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### B.1. Consistencia

B1.1. Para la relación a/c=0.45

MEZCLA		ASENTAMIENTO	
relación a/c	Diseño	Medida (cm)	Conversión (pulg)
0.45	C.P.	15.494	6.10
	C.P. + aditivo 0.72%	17.526	6.90
	C.P. + aditivo 1.00%	18.288	7.20
	C.P. + aditivo 1.18%	16.764	6.60

B1.2. Para la relación a/c=0.5

MEZCLA		ASENTAMIENTO	
relación a/c	Diseño	Medida (cm)	Conversión (pulg)
0.5	C.P.	15.24	6.00
	C.P. + aditivo 0.72%	16.764	6.60
	C.P. + aditivo 1.00%	17.272	6.80
	C.P. + aditivo 1.18%	17.78	7.00

B1.3. Para la relación a/c=0.55

MEZCLA		ASENTAMIENTO	
relación a/c	Diseño	Medida (cm)	Conversión (pulg)
0.55	C.P.	16.00	6.30
	C.P. + aditivo 0.72%	17.02	6.70
	C.P. + aditivo 1.00%	17.53	6.90
	C.P. + aditivo 1.18%	18.29	7.20

B1.4. Para la relación a/c=0.60

MEZCLA		ASENTAMIENTO	
relación a/c	Diseño	Medida (cm)	Conversión (pulg)
0.6	C.P.	15.75	6.20
	C.P. + aditivo 0.72%	17.02	6.70
	C.P. + aditivo 1.00%	17.78	7.00
	C.P. + aditivo 1.18%	17.53	6.90

### B.2. Peso unitario del concreto

B.2.1. Para la relación a/c=0.45

a/c= 0.45 – CP – Peso unitario del concreto			
CODIGO DE MUESTRA	M1	M2	PROMEDIO (kg/m3)
Peso molde + Peso de Agregado (kg) = A	27.45	27.54	<b>2358.86</b>
Peso de molde(kg) = B	5.23	5.23	
Volumen de molde (m3) = C	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = A-B	22.22	22.31	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = (A-B)/C	2354	2364	

<b>a/c=0.45 - CP+ADITIVO 0.72% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.11	28.03	<b>2419.77</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.23	5.23	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.88	22.8	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2424	2416	
<b>a/c=0.45 - CP+ADITIVO 1.00% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.31	28.1	<b>2427.72</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	23.02	22.81	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2439	2417	
<b>a/c= 0.45 - CP+ADITIVO 1.18% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.29	28.32	<b>2438.31</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	23	23.03	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2437	2440	

B.2.2. Para la relación a/c=0.50

<b>a/c=0.50 – CP – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg) = <b>A</b>	27.53	27.67	<b>2369.98</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.23	5.23	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.3	22.44	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2363	2377	
<b>a/c=0.50 -CP+ADITIVO 0.72% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	27.95	28.05	<b>2406.00</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.66	22.76	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2401	2411	
<b>a/c=0.50 -CP+ADITIVO 1.00% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.31	28.35	<b>2440.96</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	

Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	23.02	23.06	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2439	2443	
<b>a/c=0.50 -CP+ADITIVO 1.18% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.34	28.39	<b>2444.67</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> ) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	23.05	23.1	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2442	2447	

B.2.3. Para la relación a/c=0.55

<b>a/c=0.55 -CP – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	27.6	27.55	<b>2367.33</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.23	5.23	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> ) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.37	22.32	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2370	2365	
<b>a/c=0.55 - CP+ADITIVO 0.72% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	27.9	28.1	<b>2406.00</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> ) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.61	22.81	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2395	2417	
<b>a/c=0.55 - CP+ADITIVO 1.00% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.2	28.25	<b>2429.84</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> ) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.91	22.96	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2427	2432	
<b>a/c=0.55 - CP+ADITIVO 1.18% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.56	28.59	<b>2466.92</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m <sup>3</sup> ) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg)= <b>A-B</b>	23.27	23.3	
Peso unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> ) = <b>(A-B)/C</b>	2465	2469	

B.2.4. Para la relación  $a/c=0.60$

<b><math>a/c=0.60</math> – CP – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	27.58	27.61	<b>2369.45</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.23	5.23	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.35	22.38	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2368	2371	
<b><math>a/c=0.60</math> - CP+ADITIVO 0.72% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.01	27.98	<b>2405.47</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.72	22.69	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2407	2404	
<b><math>a/c=0.60</math> - CP+ADITIVO 1.00% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.05	28.08	<b>2412.89</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	22.76	22.79	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2411	2414	
<b><math>a/c=0.60</math> - CP+ADITIVO 1.18% – Peso unitario del concreto</b>			
<b>CODIGO DE MUESTRA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>PROMEDIO (kg/m3)</b>
Peso molde + Peso de Agregado (kg)= <b>A</b>	28.48	28.42	<b>2453.68</b>
Peso de molde (kg) = <b>B</b>	5.29	5.29	
Volumen de molde (m3) = <b>C</b>	0.0094389	0.0094389	
Peso del agregado (kg) = <b>A-B</b>	23.19	23.13	
Peso unitario Compactado (kg/m3) = <b>(A-B)/C</b>	2457	2450	

**B.3. Fluidez del concreto**

B.3.1. Para la relación  $a/c=0.45$

<b>D mayor del cono =</b>		25	cm				
<b>RESULTADOS DE FLUIDEZ</b>		D1	D2	D3	D4	Dp	% fluidez
relación a/c	Diseño	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
0.45	C.P.	42.00	42.50	42.80	42.40	42.43	69.70%
	C.P. + aditivo 0.72%	44.50	45.00	45.10	45.80	45.10	80.40%
	C.P. + aditivo 1.00%	50.50	49.40	49.30	49.80	49.75	99.00%
	C.P. + aditivo 1.18%	48.20	48.60	49.90	49.20	48.98	95.90%

### B.3.2. Para la relación $a/c=0.50$

<b>D mayor del cono =</b>		25	cm				
RESULTADOS DE FLUIDEZ							
relación $a/c$	Diseño	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	Dp (cm)	% fluidez
0.5	C.P.	43.00	42.80	43.20	42.90	42.98	71.90%
	C.P. + aditivo 0.72%	45.40	45.80	46.20	45.90	45.83	83.30%
	C.P. + aditivo 1.00%	52.10	51.80	51.50	52.00	51.85	107.40%
	C.P. + aditivo 1.18%	44.10	45.10	44.80	44.50	44.63	78.50%

### B.3.3. Para la relación $a/c=0.55$

<b>D mayor del cono =</b>		25	cm				
RESULTADOS DE FLUIDEZ							
relación $a/c$	Diseño	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	Dp (cm)	% fluidez
0.55	C.P.	44.00	43.20	43.50	43.60	43.58	74.30%
	C.P. + aditivo 0.72%	47.50	46.80	46.10	46.50	46.73	86.90%
	C.P. + aditivo 1.00%	54.50	54.80	55.20	55.10	54.90	119.60%
	C.P. + aditivo 1.18%	42.20	42.80	43.10	42.10	42.55	70.20%

### B.3.4. Para la relación $a/c=0.60$

<b>D mayor del cono =</b>		25	cm				
RESULTADOS DE FLUIDEZ							
relación $a/c$	Diseño	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D4 (cm)	Dp (cm)	% fluidez
0.6	C.P.	44.50	44.20	44.10	44.30	44.28	77.10%
	C.P. + aditivo 0.72%	47.50	46.80	46.10	46.50	46.73	86.90%
	C.P. + aditivo 1.00%	55.80	55.50	55.00	54.80	55.28	121.10%
	C.P. + aditivo 1.18%	42.20	42.80	43.10	42.10	42.55	70.20%

## B.4. Exudación del concreto

### B.4.1. Para la relación $a/c=0.45$

#### B.4.1.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:02	0	0	0.0	0
12:12	10	10	0.5	0.5
12:22	10	20	1.1	1.6
12:32	10	30	1.7	3.3
12:42	10	40	1.5	4.8
13:12	30	70	4.1	8.9
13:42	30	100	3.2	12.1

14:12	30	130	3.7	15.8
14:42	30	160	1.3	17.1
15:12	30	190	0.2	17.3
15:42	30	220	0	17.3
<b>% de exudación para 0.45</b>				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	17.30
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	8320.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	2160.08
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.801</b>

#### B.4.1.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.0	0.0
13:00	10	30	0.1	0.1
13:10	10	40	0.2	0.3
13:40	30	70	0.3	0.6
14:10	30	100	0.2	0.8
14:40	30	130	0.2	1.0
15:10	30	160	0.1	1.1
15:40	30	190	0.0	1.1
16:10	30	220	0.0	1.1
<b>% de exudación para 0.45: + 0.72%</b>				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	1.10
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6430.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1669.39
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.066</b>

#### B.4.1.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
11:00	0	0	0.0	0.0

11:10	10	10	0.0	0.0
11:20	10	20	0.0	0.0
11:30	10	30	0.1	0.1
11:40	10	40	0.2	0.3
12:10	30	70	0.2	0.5
12:40	30	100	0.2	0.7
13:10	30	130	0.1	0.8
13:40	30	160	0.0	0.8
14:10	30	190	0.0	0.8
14:40	30	220	0.0	0.8
% de exudación para 0.45: + 1.00%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	0.80
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5670.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1472.07
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.054</b>

#### B.4.1.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
13:00	0	0	0.0	0.0
13:10	10	10	0.0	0.0
13:20	10	20	0.0	0.0
13:30	10	30	0.0	0.0
13:40	10	40	0.0	0.0
14:10	30	70	0.1	0.1
14:40	30	100	0.1	0.2
15:10	30	130	0.0	0.2
15:40	30	160	0.0	0.2
16:10	30	190	0.0	0.2
16:40	30	220	0.0	0.2
% de exudación para 0.45: +1.18%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	0.20
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5540.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1438.32
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.014</b>

### B.4.2. Para la relación a/c=0.50

#### B.4.2.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado ( min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
14:15	0	0	0.0	0.0
14:25	10	10	0.6	0.6
14:35	10	20	1.3	1.9
14:45	10	30	0.7	2.6
15:05	10	40	2.9	5.5
15:35	30	70	4.3	9.8
16:05	30	100	5.8	15.6
16:35	30	130	4.0	19.6
17:05	30	160	0.4	20.0
17:45	30	190	0.2	20.2
16:05	30	220	0.0	20.2
% de exudación para 0.50				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	20.20
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	7760.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = E*(B-C)/D	2014.69
%	<b>EXUDACION = A*100/F</b>	<b>1.003</b>

#### B.4.2.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.1	0.1
13:00	10	30	0.2	0.3
13:10	10	40	0.3	0.6
13:40	30	70	0.3	0.9
14:10	30	100	0.3	1.2
14:40	30	130	0.2	1.4
15:10	30	160	0.1	1.5
15:40	30	190	0.0	1.5
16:10	30	220	0.0	1.5
% de exudación para 0.50: + 0.72%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	1.50
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00

C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6300.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1635.64
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.092</b>

#### B.4.2.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.0	0.0
13:00	10	30	0.1	0.1
13:10	10	40	0.2	0.3
13:40	30	70	0.3	0.6
14:10	30	100	0.2	0.8
14:40	30	130	0.1	0.9
15:10	30	160	0.0	0.9
15:40	30	190	0.0	0.9
16:10	30	220	0.0	0.9
% de exudación para 0.50: + 1.00%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	0.90
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5370.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1394.19
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.065</b>

#### B.4.2.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.0	0.0
13:00	10	30	0.0	0.0
13:10	10	40	0.1	0.1
13:40	30	70	0.2	0.3
14:10	30	100	0.1	0.4
14:40	30	130	0.1	0.5
15:10	30	160	0.0	0.5
15:40	30	190	0.0	0.5

16:10	30	220	0.0	0.5
% de exudación para 0.50: +1.18%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	0.50
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5110.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = E*(B-C)/D	1326.68
%	<b>EXUDACION = A*100/F</b>	<b>0.038</b>

### B.4.3. Para la relación a/c=0.55

#### B.4.3.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.5	0.5
12:50	10	20	0.4	0.9
13:00	10	30	0.9	1.8
13:10	10	40	0.9	2.7
13:40	30	70	5.2	7.9
14:10	30	100	3.7	11.6
14:40	30	130	4.3	15.9
15:10	30	160	1.3	17.2
15:40	30	190	0.1	17.3
16:10	30	220	0.0	17.3
% de exudación para 0.55:				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	17.30
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	7660.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = E*(B-C)/D	1988.73
%	<b>EXUDACION = A*100/F</b>	<b>0.870</b>

#### B.4.3.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0

12:50	10	20	0.2	0.2
13:00	10	30	0.2	0.4
13:10	10	40	0.4	0.8
13:40	30	70	0.6	1.4
14:10	30	100	0.4	1.8
14:40	30	130	0.2	2.0
15:10	30	160	0.1	2.1
15:40	30	190	0.0	2.1
16:10	30	220	0.0	2.1
% de exudación para 0.55: + 0.72%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	2.10
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6230.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1617.46
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.130</b>

#### B.4.3.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.0	0.0
13:00	10	30	0.1	0.1
13:10	10	40	0.2	0.3
13:40	30	70	0.4	0.7
14:10	30	100	0.4	1.1
14:40	30	130	0.2	1.3
15:10	30	160	0.1	1.4
15:40	30	190	0.0	1.4
16:10	30	220	0.0	1.4
% de exudación para 0.55: + 1.00%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	1.40
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5870.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1524.00
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.092</b>

#### B.4.3.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.0	0.0
13:00	10	30	0.1	0.1
13:10	10	40	0.2	0.3
13:40	30	70	0.2	0.5
14:10	30	100	0.1	0.6
14:40	30	130	0.0	0.6
15:10	30	160	0.0	0.6
15:40	30	190	0.0	0.6
16:10	30	220	0.0	0.6
% de exudación para 0.55: +1.18%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	0.60
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	4830.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = E*(B-C)/D	1253.99
%	<b>EXUDACION = A*100/F</b>	<b>0.048</b>

#### B.4.4. Para la relación a/c=0.60

##### B.4.4.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.2	0.2
12:50	10	20	1.2	1.4
13:00	10	30	2.9	4.3
13:10	10	40	3.3	7.6
13:40	30	70	5.0	12.6
14:10	30	100	1.7	14.3
14:40	30	130	0.0	14.3
15:10	30	160	0.0	14.3
15:40	30	190	0.0	14.3
16:10	30	220	0.0	14.3
% de exudación para 0.60				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	14.30
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00

C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	7330.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1903.05
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.751</b>

B.4.4.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.2	0.2
12:50	10	20	0.3	0.5
13:00	10	30	0.3	0.8
13:10	10	40	0.6	1.4
13:40	30	70	0.8	2.2
14:10	30	100	0.9	3.1
14:40	30	130	0.5	3.6
15:10	30	160	0.2	3.8
15:40	30	190	0.1	3.9
16:10	30	220	0.0	3.9
% de exudación para 0.60: + 0.72%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	3.90
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6150.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1596.69
%	<b>EXUDACION = <math>A*100/F</math></b>	<b>0.244</b>

B.4.4.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.2	0.2
13:00	10	30	0.3	0.5
13:10	10	40	0.4	0.9
13:40	30	70	0.5	1.4
14:10	30	100	0.6	2.0
14:40	30	130	0.3	2.3
15:10	30	160	0.2	2.5
15:40	30	190	0.0	2.5

16:10	30	220	0.0	2.5
% de exudación para 0.60: + 1.00%				

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )	2.50
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6080.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = E*(B-C)/D	1578.52
%	<b>EXUDACION = A*100/F</b>	<b>0.158</b>

#### B.4.4.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo parcial (min)	Tiempo acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0.0	0.0
12:40	10	10	0.0	0.0
12:50	10	20	0.1	0.1
13:00	10	30	0.1	0.2
13:10	10	40	0.2	0.4
13:40	30	70	0.3	0.7
14:10	30	100	0.3	1.0
14:40	30	130	0.2	1.2
15:10	30	160	0.0	1.2
15:40	30	190	0.0	1.2
16:10	30	220	0.0	1.2
% de exudación para 0.60: +1.18%				

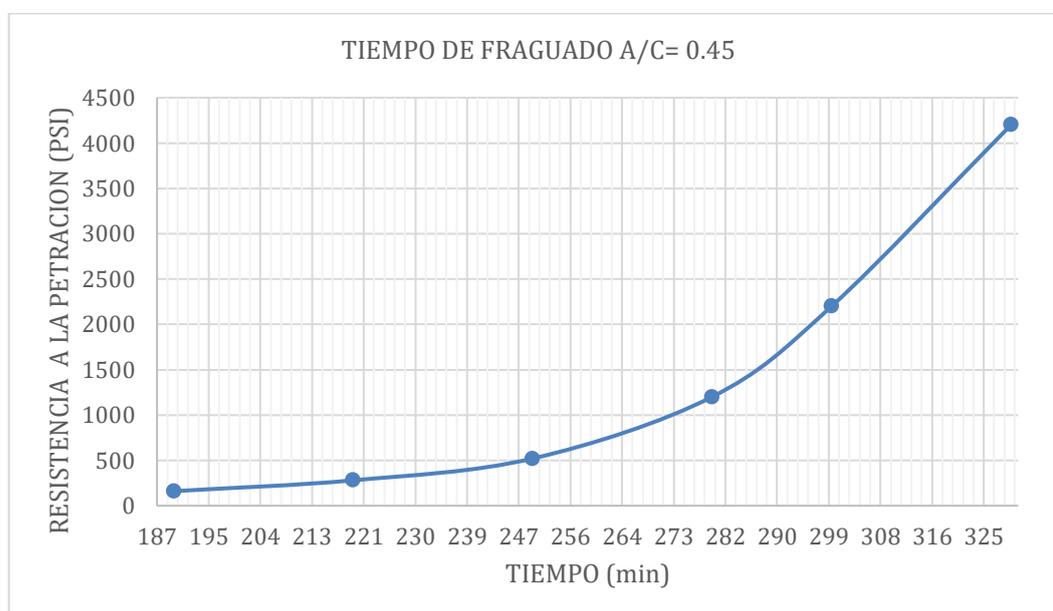
IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )	1.20
B	Peso balde (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso balde (gr)	5230.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20770.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5530.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = E*(B-C)/D	1435.73
%	<b>EXUDACION = A*100/F</b>	<b>0.084</b>

## B.5. Tiempo de fraguado

### B.5.1. Para la relación a/c= 0.45

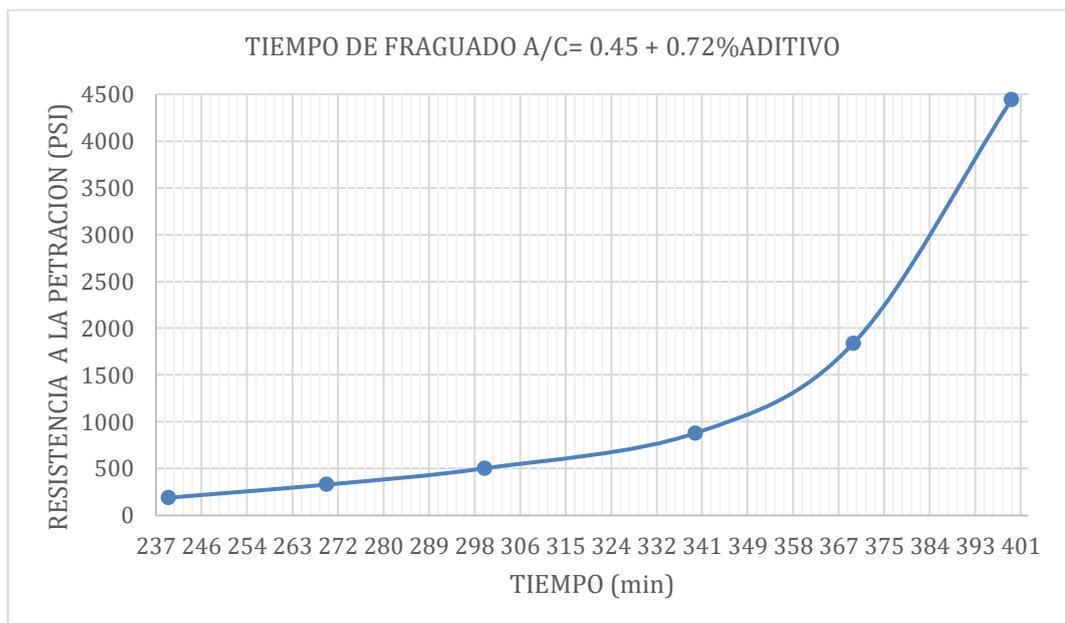
#### B.5.1.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
10:50	inicio					
14:00	03:10	190	160	1	1.000	160
14:30	03:40	220	140	2	0.500	280
15:00	04:10	250	130	3	0.250	520
15:30	04:40	280	120	4	0.100	1200
15:50	05:00	300	110	5	0.050	2200
16:20	05:30	330	105	6	0.025	4200



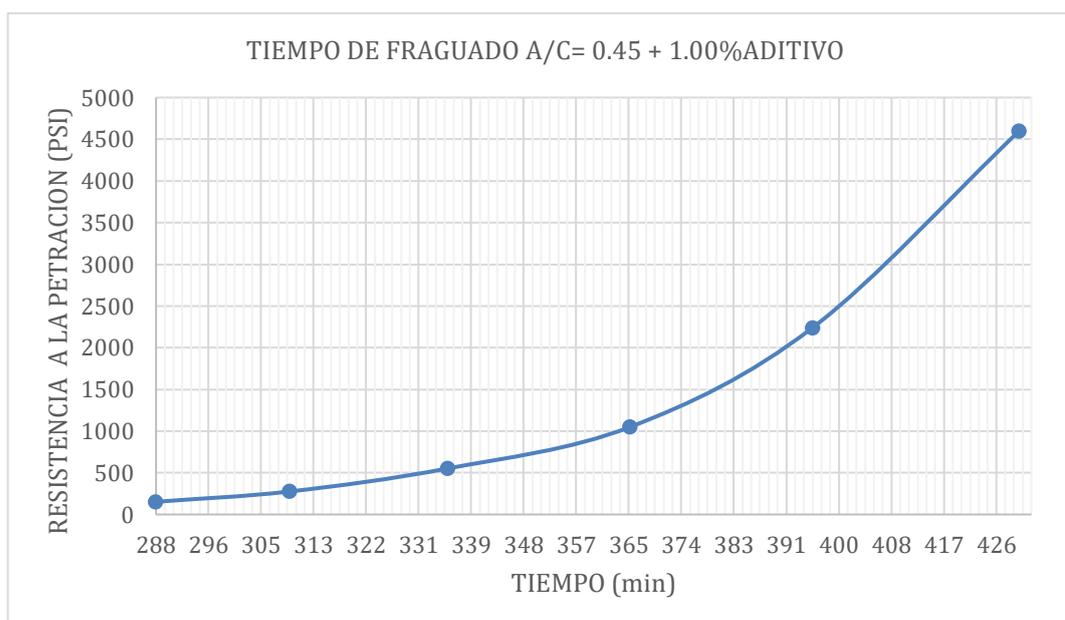
#### B.5.1.2. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
09:40	inicio					
13:40	04:00	240	190	1	1.000	190
14:10	04:30	270	165	2	0.500	330
14:40	05:00	300	126	3	0.250	504
15:20	05:40	340	88	4	0.100	880
15:50	06:10	370	92	5	0.050	1840
16:20	06:40	400	111	6	0.025	4440



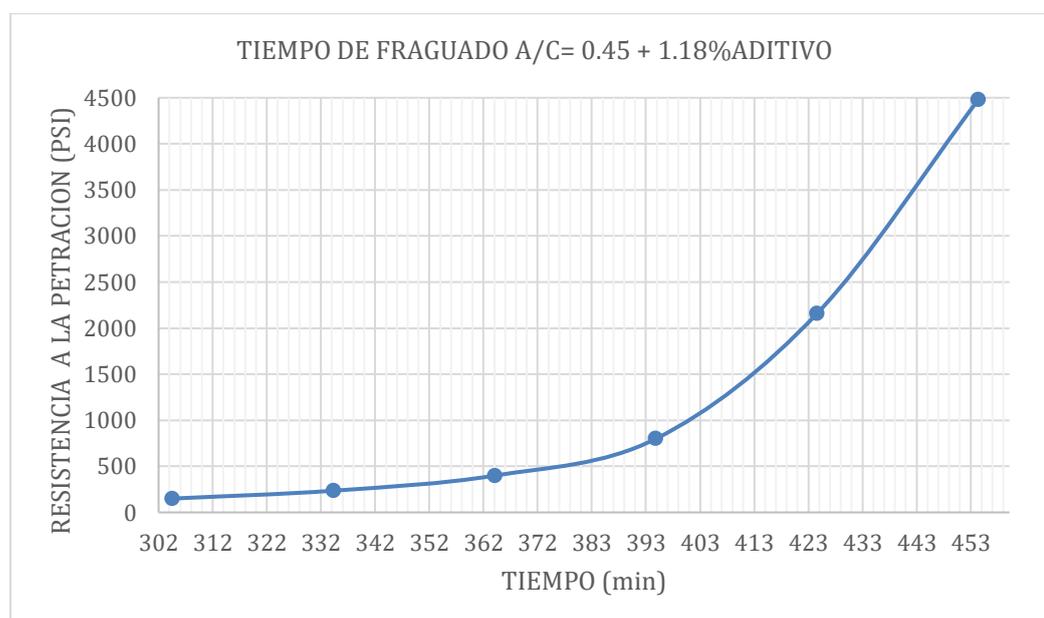
B.5.1.3. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:50	inicio					
13:38	04:48	288	152	1	1.000	152
14:00	05:10	310	138	2	0.500	276
14:26	05:36	336	138	3	0.250	552
14:56	06:06	366	105	4	0.100	1050
15:26	06:36	396	112	5	0.050	2240
16:00	07:10	430	115	6	0.025	4600



#### B.5.1.4. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

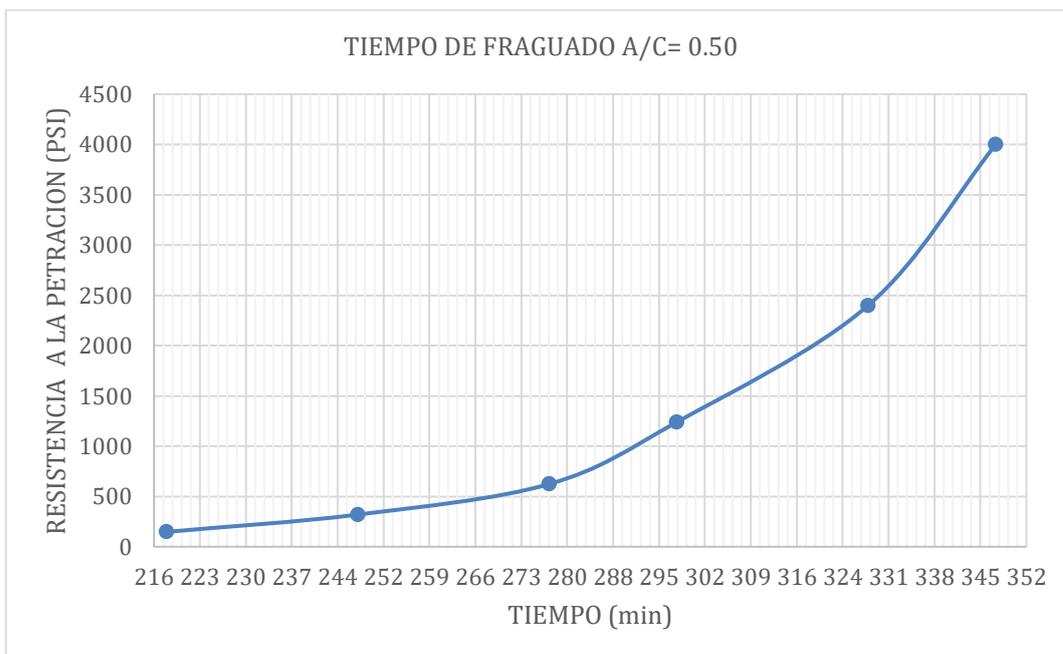
Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
09:30	inicio					
14:35	05:05	305	150	1	1.000	150
15:05	05:35	335	118	2	0.500	236
15:35	06:05	365	100	3	0.250	400
16:05	06:35	395	80	4	0.100	800
16:35	07:05	425	108	5	0.050	2160
17:05	07:35	455	112	6	0.025	4480



#### B.5.2. Para la relación a/c= 0.50

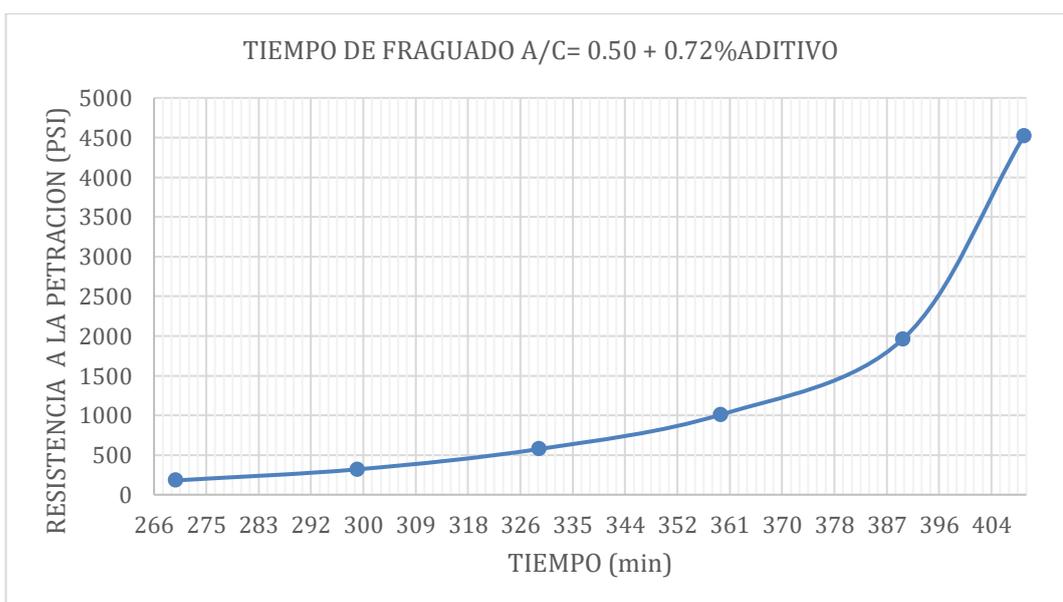
##### B.5.2.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
10:40	inicio					
14:18	03:38	218	148	1	1.000	148
14:48	04:08	248	160	2	0.500	320
15:18	04:38	278	156	3	0.250	624
15:38	04:58	298	124	4	0.100	1240
16:08	05:28	328	120	5	0.050	2400
16:28	05:48	348	100	6	0.025	4000



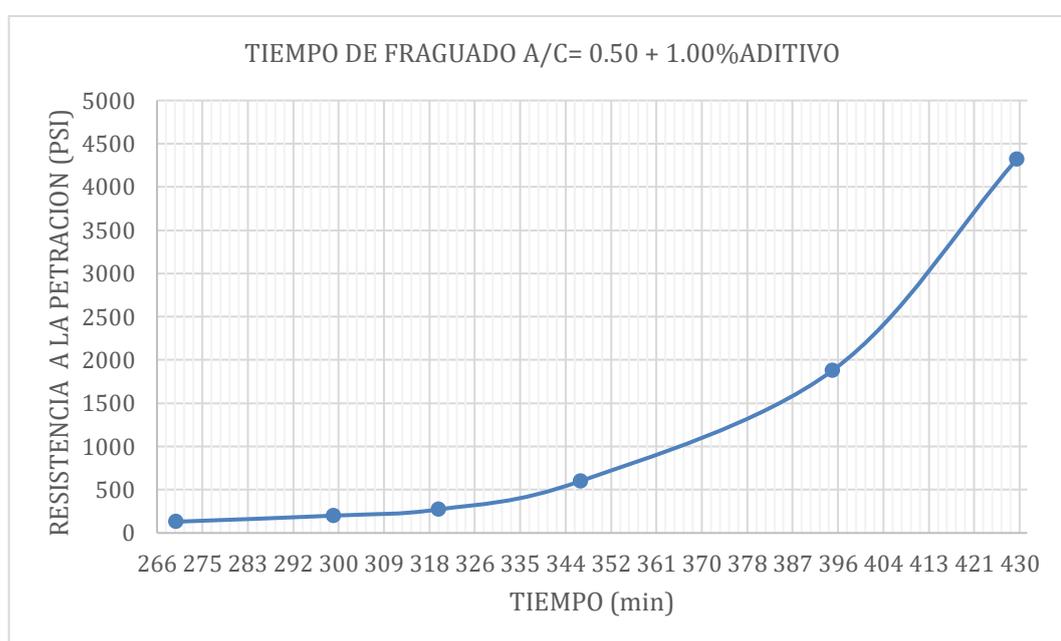
**B.5.2.2. Para el concreto patrón +0.72% aditivo**

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
09:00	inicio					
13:30	04:30	270	180	1	1.000	180
14:00	05:00	300	160	2	0.500	320
14:30	05:30	330	144	3	0.250	576
15:00	06:00	360	101	4	0.100	1010
15:30	06:30	390	98	5	0.050	1960
15:50	06:50	410	113	6	0.025	4520



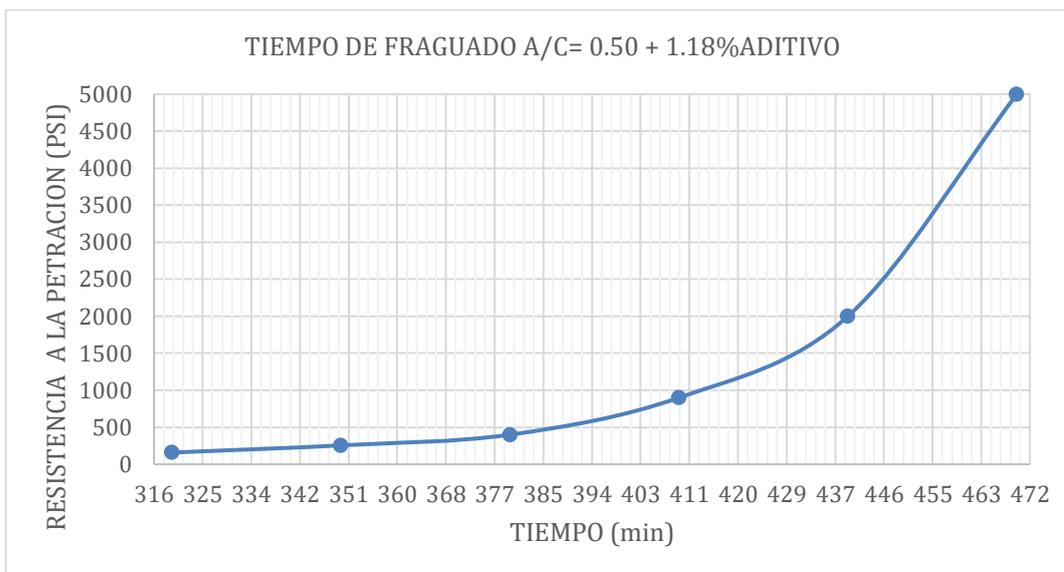
B.5.2.3. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:40	inicio					
13:10	04:30	270	130	1	1.000	130
13:40	05:00	300	100	2	0.500	200
14:00	05:20	320	68	3	0.250	272
14:27	05:47	347	60	4	0.100	600
15:15	06:35	395	94	5	0.050	1880
15:50	07:10	430	108	6	0.025	4320



B.5.2.4. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

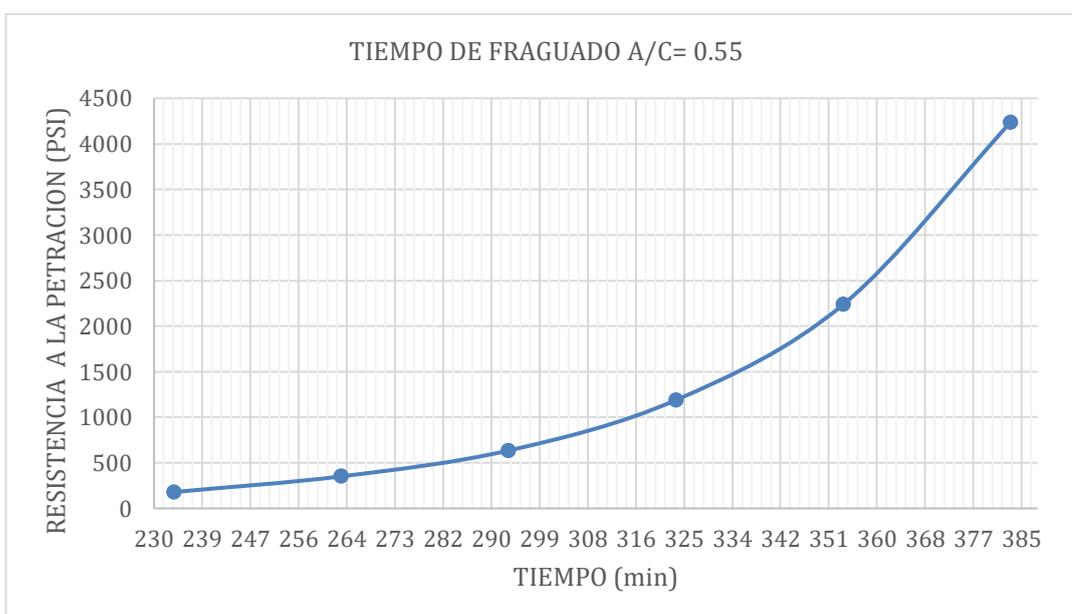
Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
09:40	inicio					
15:00	05:20	320	158	1	1.000	158
15:30	05:50	350	128	2	0.500	256
16:00	06:20	380	100	3	0.250	400
16:30	06:50	410	90	4	0.100	900
17:00	07:20	440	100	5	0.050	2000
17:30	07:50	470	125	6	0.025	5000



### B.5.3. Para la relación a/c= 0.55

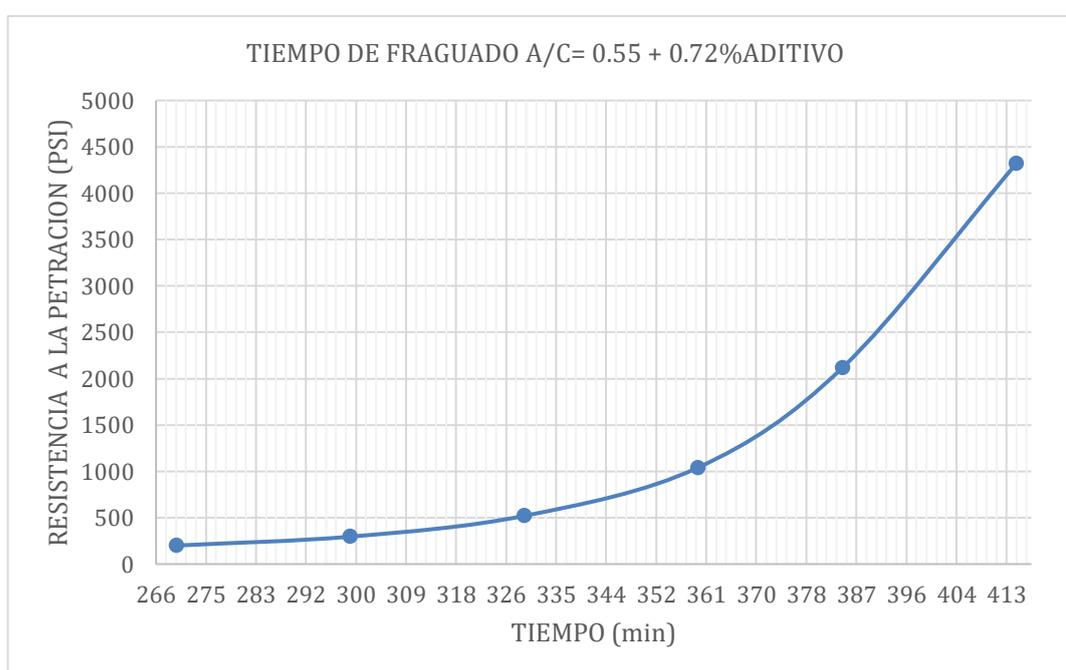
#### B.5.3.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
10:20	inicio					
14:14	03:54	234	180	1	1.000	180
14:44	04:24	264	176	2	0.500	352
15:14	04:54	294	159	3	0.250	636
15:44	05:24	324	119	4	0.100	1190
16:14	05:54	354	112	5	0.050	2240
16:44	06:24	384	106	6	0.025	4240



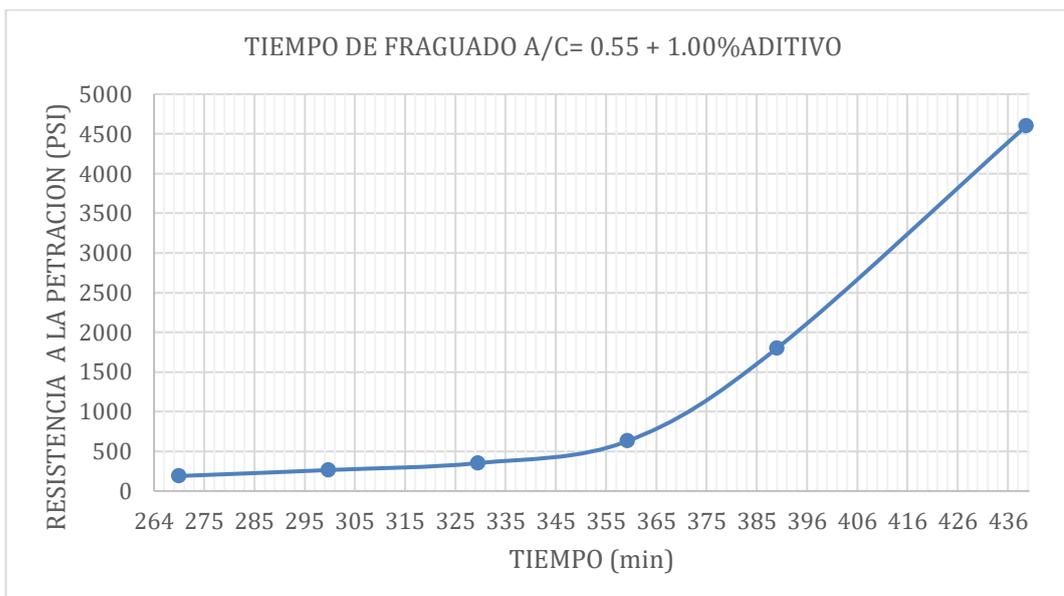
B.5.3.2. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:20	inicio					
12:50	04:30	270	200	1	1.000	200
13:20	05:00	300	148	2	0.500	296
13:50	05:30	330	130	3	0.250	520
14:20	06:00	360	104	4	0.100	1040
14:45	06:25	385	106	5	0.050	2120
15:15	06:55	415	108	6	0.025	4320



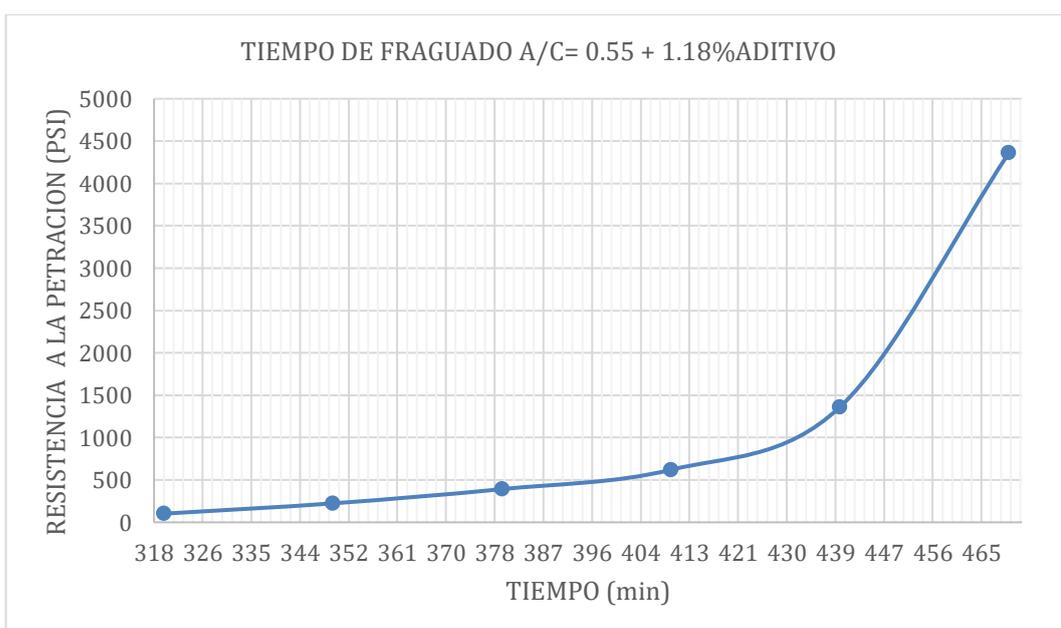
B.5.3.3. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:00	inicio					
12:30	04:30	270	189	1	1.000	189
13:00	05:00	300	132	2	0.500	264
13:30	05:30	330	88	3	0.250	352
14:00	06:00	360	63	4	0.100	630
14:30	06:30	390	90	5	0.050	1800
15:20	07:20	440	115	6	0.025	4600



B.5.3.4. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

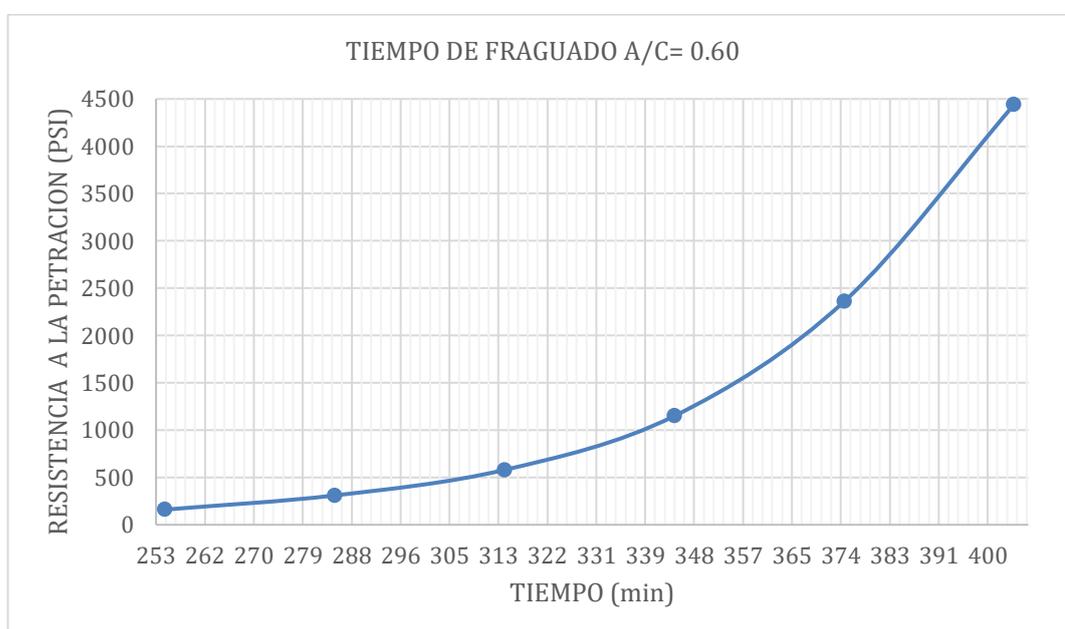
Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:20	inicio					
13:40	05:20	320	102	1	1.000	102
14:10	05:50	350	112	2	0.500	224
14:40	06:20	380	98	3	0.250	392
15:10	06:50	410	62	4	0.100	620
15:40	07:20	440	68	5	0.050	1360
16:10	07:50	470	109	6	0.025	4360



### B.5.4. Para la relación a/c= 0.60

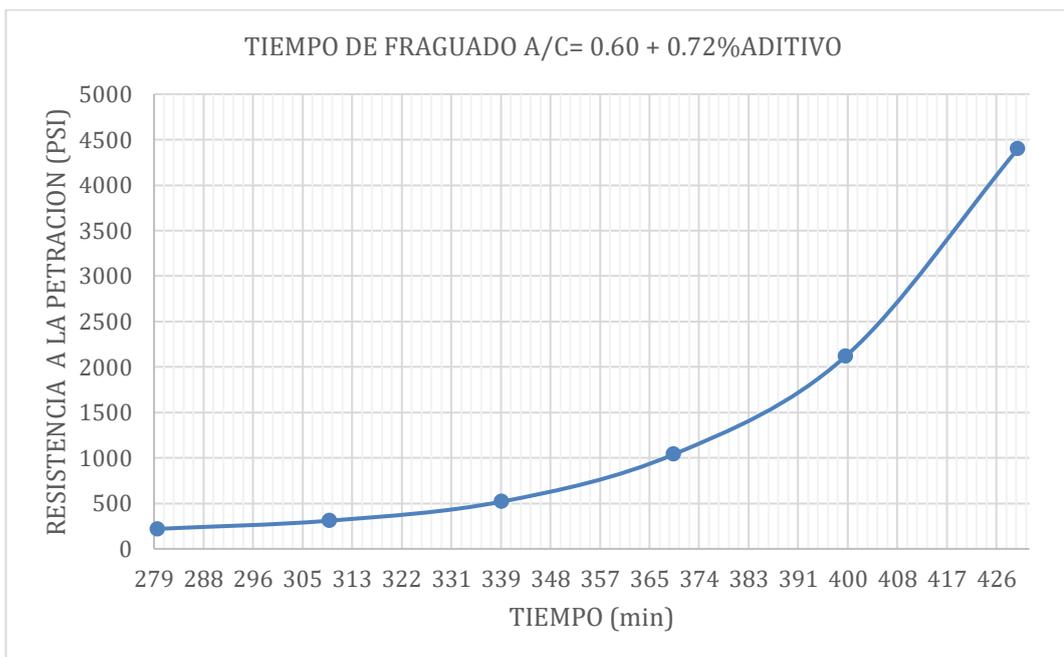
#### B.5.4.1. Para el concreto patrón

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg2) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
10:00	inicio					
14:15	04:15	255	160	1	1.000	160
14:45	04:45	285	155	2	0.500	310
15:15	05:15	315	145	3	0.250	580
15:45	05:45	345	115	4	0.100	1150
16:15	06:15	375	118	5	0.050	2360
16:45	06:45	405	111	6	0.025	4440



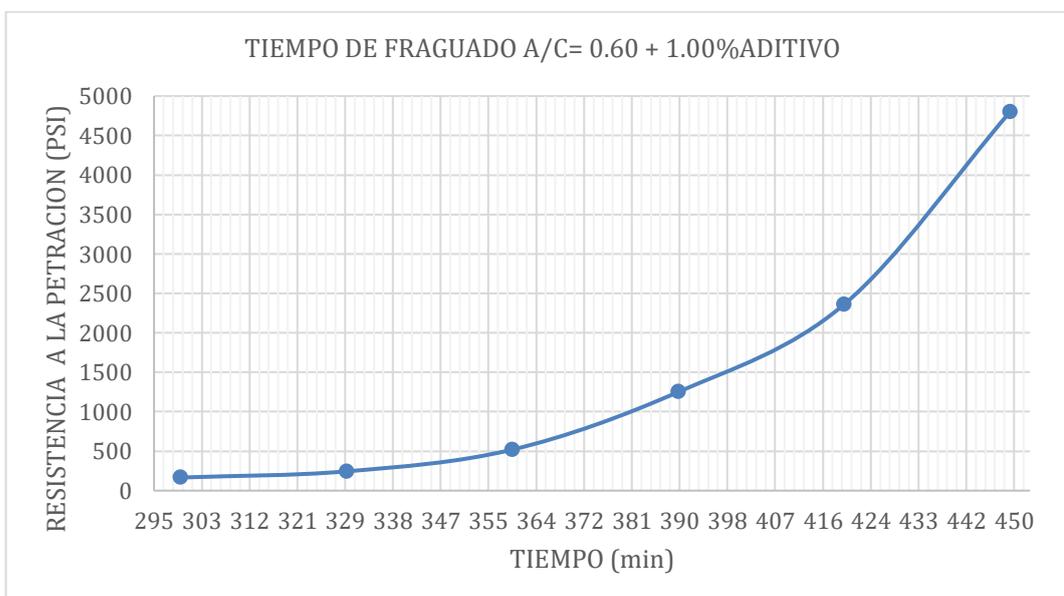
#### B.5.4.2. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg2) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:30	inicio					
13:10	04:40	280	220	1	1.000	220
13:40	05:10	310	155	2	0.500	310
14:10	05:40	340	130	3	0.250	520
14:40	06:10	370	104	4	0.100	1040
15:10	06:40	400	106	5	0.050	2120
15:40	07:10	430	110	6	0.025	4400



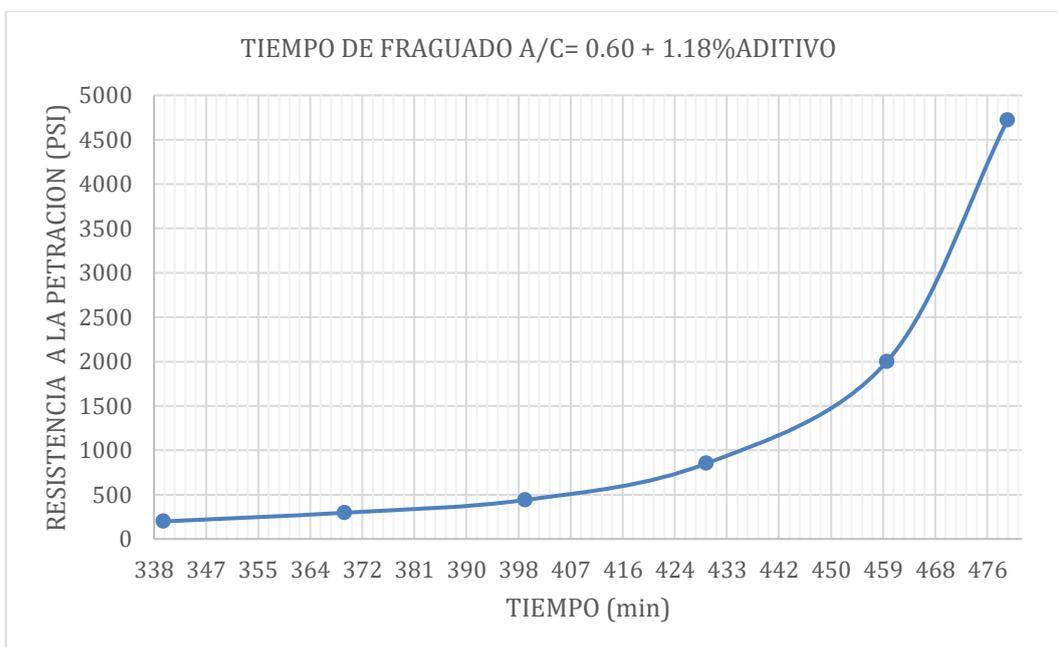
**B.5.4.3. Para el concreto patrón +1.00% aditivo**

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:30	inicio					
13:30	05:00	300	166	1	1.000	166
14:00	05:30	330	122	2	0.500	244
14:30	06:00	360	130	3	0.250	520
15:00	06:30	390	125	4	0.100	1250
15:30	07:00	420	118	5	0.050	2360
16:00	07:30	450	120	6	0.025	4800



B.5.4.4. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

Hora (h:min)	Tiempo absoluto (min)	Tiempo absoluto (min)	Fuerza (libras) = A	Aguja N°	Aguja área (pulg <sup>2</sup> ) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
08:10	inicio					
13:50	05:40	340	198	1	1.000	198
14:20	06:10	370	148	2	0.500	296
14:50	06:40	400	110	3	0.250	440
15:20	07:10	430	85	4	0.100	850
15:50	07:40	460	100	5	0.050	2000
16:10	08:00	480	118	6	0.025	4720



## ANEXO C: ENSAYOS DEL CONCRETO EN EL ESTADO ENDURECIDO

### C.1. Resistencia a la compresión axial

#### C.1.1. Para la relación a/c = 0.45

##### C.1.1.1. Para el concreto patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.45							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.10	20.95	3.97	80.08	24730	308.82	327.13
	10.11	20.90	3.97	80.16	26453	330.01	
	10.08	21.02	3.99	79.76	27321	342.54	
14	10.15	20.88	3.99	80.87	28811	356.25	342.19
	10.08	21.03	3.93	79.76	28810	361.20	
	10.14	21.15	4.02	80.63	24925	309.11	
28	10.06	21.07	4.00	79.37	29101	366.67	370.18
	10.12	21.04	4.01	80.32	28541	355.36	
	10.13	20.88	3.93	80.48	31925	396.71	
	10.12	21.19	3.99	80.32	28881	359.59	
	10.16	21.14	3.99	80.95	29312	362.09	
	9.96	20.94	4.01	77.87	27950	358.92	
	9.93	20.79	3.98	77.33	28981	374.79	
	9.96	20.92	4.00	77.87	29774	382.34	
	10.07	21.16	4.05	79.52	30237	380.23	
	10.13	20.69	4.00	80.55	29532	366.61	
	10.11	21.18	4.11	80.24	30154	375.81	
10.06	10.08	4.18	79.45	28842	363.04		

##### C.1.1.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.45 + ad 0.72%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.08	21.08	4.04	79.76	41328	518.15	531.28
	10.05	20.93	4.10	79.21	43227	545.74	
	10.09	20.88	4.09	79.92	42354	529.96	
14	10.19	21.18	4.19	81.43	39689	487.39	548.82
	10.17	21.46	4.21	81.19	44332	546.02	
	10.10	21.16	4.14	80.08	49091	613.04	
28	10.06	20.55	4.04	79.45	54765	689.35	635.95
	10.06	20.77	4.09	79.45	49726	625.92	
	10.17	21.20	4.23	81.11	48232	594.64	
	10.16	20.84	4.13	81.03	53383	658.79	
	10.18	21.22	4.26	81.35	52525	645.66	
	10.05	20.66	4.06	79.21	51989	656.36	
10.17	21.25	4.24	81.11	55939	689.65		

	10.17	21.17	4.24	81.11	51462	634.46	
	10.09	20.68	4.08	79.84	43141	540.34	
	10.09	21.10	4.18	79.92	50235	628.57	
	10.15	21.07	4.25	80.87	51486	636.63	
	10.28	21.29	4.24	82.96	52346	631.00	

### C.1.1.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.45 + ad 1.00%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.04	21.14	4.20	79.05	47185	596.90	532.11
	9.99	20.98	4.12	78.34	44885	572.93	
	10.00	20.89	4.14	78.50	33481	426.51	
14	10.15	21.03	4.05	80.87	45352	560.78	577.00
	10.08	20.52	3.92	79.68	46846	587.91	
	10.09	20.97	4.04	79.92	46538	582.31	
28	10.02	20.03	3.99	78.74	51809	658.01	651.67
	9.97	20.01	4.00	78.03	52073	667.35	
	10.00	20.02	3.99	78.42	52861	674.06	
	9.98	20.06	4.07	78.19	49693	635.57	
	10.00	20.04	3.95	78.50	53212	677.86	
	10.02	20.04	4.05	78.81	48326	613.16	
	9.99	20.05	4.00	78.27	51297	655.43	
	9.98	20.02	4.10	78.19	53555	684.97	
	10.05	20.04	3.97	79.29	50726	639.78	
	10.17	21.13	4.07	81.19	51050	628.76	
	10.09	20.75	4.18	79.92	50358	630.11	
10.09	20.99	4.16	79.92	52341	654.92		

### C.1.1.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.45 + ad 1.18%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.13	21.11	4.17	80.55	51135	634.789	652.87
	10.15	20.99	4.13	80.79	52856	654.215	
	10.17	21.05	4.18	81.19	54367	669.613	
14	10.14	20.86	4.11	80.71	56088	694.903	672.54
	10.24	21.11	4.17	82.23	50085	609.063	
	10.10	20.07	4.18	80.00	57092	713.663	
28	10.14	21.14	4.07	80.71	65325	809.345	700.40
	9.94	20.83	4.19	77.56	61583	793.996	
	10.07	20.78	4.12	79.52	56467	710.064	
	9.99	20.97	3.93	78.27	50965	651.188	
	10.08	20.97	4.27	79.76	61112	766.189	
	10.01	20.63	4.18	78.66	49312	626.924	
	10.07	20.97	4.07	79.52	51807	651.465	
10.08	21.11	3.94	79.76	57812	724.815		

10.02	21.20	4.234	78.81	54385	690.040
10.18	20.89	4.18	81.35	52314	643.062
10.075	20.73	4.06	79.68	54218	680.430
10.11	21.15	4.21	80.16	52686	657.284

### C.1.2. Para la relación a/c = 0.50

#### C.1.2.1. Para el concreto patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.50							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.13	20.84	3.98	80.55	24179	300.16	296.71
	10.16	21.01	3.99	80.95	24571	303.52	
	10.16	21.12	4.05	81.03	23212	286.45	
14	10.10	21.11	4.02	80.08	27122	338.70	342.12
	10.13	20.84	3.96	80.55	28507	353.89	
	10.15	21.05	4.08	80.79	26968	333.79	
28	10.12	21.07	4.00	80.32	30666	381.82	358.26
	10.10	20.98	4.00	80.00	31422	392.78	
	10.16	21.27	4.07	80.95	28291	349.48	
	10.14	21.09	4.09	80.71	29044	359.84	
	10.18	21.32	4.09	81.27	29024	357.12	
	10.00	21.34	3.94	78.42	29416	375.10	
	10.04	21.73	3.90	79.13	24844	313.97	
	10.03	20.60	3.96	78.89	26594	337.09	
	10.07	20.60	4.11	79.60	29642	372.37	
	10.27	21.13	4.07	82.72	28765	347.76	
	10.15	21.04	3.94	80.87	29864	369.27	
10.18	20.77	4.05	81.35	27864	342.51		

#### C.1.2.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.50 + ad 0.72%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.31	21.02	4.21	83.44	30660	367.440	363.76
	10.28	21.29	4.28	82.96	32550	392.370	
	10.26	21.28	4.20	82.64	27392	331.48	
14	10.19	21.38	4.17	81.51	31561	387.20	379.51
	10.15	21.08	4.11	80.87	30063	371.73	
	10.19	21.19	4.18	81.43	30910	379.58	
28	10.13	21.11	4.14	80.48	35050	435.54	453.68
	10.12	21.15	4.17	80.40	37835	470.61	
	10.10	21.08	4.11	80.08	37795	471.98	
	10.28	21.05	4.25	82.96	40667	490.22	
	10.07	20.86	4.06	79.52	31775	399.57	
	10.23	21.10	4.25	82.15	37310	454.16	
	10.09	21.18	4.18	79.92	38657	483.70	
10.12	21.04	4.14	80.32	35131	437.41		

10.04	21.07	4.13	79.13	36798	465.04
10.19	21.00	4.09	81.51	34161	419.10
10.06	21.01	3.98	79.45	36471	459.07
10.04	21.03	4.05	79.13	35216	445.04

C.1.2.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.50 + ad 1.00%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.05	21.18	4.21	79.29	46801	590.27	554.55
	10.09	20.94	4.15	79.84	43104	539.88	
	10.03	20.82	4.09	78.89	42090	533.51	
14	10.19	21.32	4.23	81.51	46905	575.44	589.83
	10.08	20.75	4.07	79.68	48386	607.24	
	10.05	20.73	4.03	79.21	46481	586.82	
28	10.14	21.09	4.15	80.71	51768	641.38	607.52
	10.16	21.28	4.23	80.95	47710	589.36	
	10.17	21.19	4.18	81.11	48844	602.18	
	10.17	21.19	4.23	81.11	44627	550.19	
	10.10	21.24	4.14	80.00	51670	645.89	
	10.11	20.78	4.06	80.16	50959	635.74	
	10.19	21.36	4.19	81.43	49601	609.11	
	10.16	21.11	4.16	81.03	51191	631.74	
	10.08	20.83	4.07	79.68	48394	607.34	
	10.17	21.13	4.15	81.19	45681	562.63	
	10.14	20.98	4.14	80.71	47823	592.50	
10.14	20.75	4.07	80.71	50218	622.18		

C.1.2.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.50 + ad 1.18%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.06	20.99	4.10	79.45	46662	587.35	561.63
	10.05	21.20	4.22	79.21	45218	570.88	
	10.15	21.20	4.21	80.79	42550	526.66	
14	10.07	20.76	4.05	79.60	48486	609.10	579.32
	10.16	20.87	4.12	80.95	47309	584.41	
	10.09	21.12	4.17	79.84	43469	544.45	
28	10.03	20.74	4.01	78.89	52661	667.50	631.87
	10.08	20.65	4.04	79.76	55703	698.37	
	10.11	20.97	4.16	80.24	51705	644.41	
	10.06	20.59	4.07	79.37	46213	582.28	
	10.02	20.83	4.08	78.81	49999	634.39	
	10.01	20.84	4.04	78.66	48033	610.66	
10.05	20.66	4.06	79.29	49879	629.10		

	10.12	21.11	4.19	80.32	52188	649.78	
	10.15	21.10	4.20	80.87	49526	612.40	
	10.04	21.16	4.22	79.05	50321	636.57	
	10.11	21.24	4.07	80.16	49581	618.55	
	10.17	20.05	4.06	81.11	48541	598.45	

### C.1.3. Para la relación a/c = 0.55

#### C.1.3.1. Para el concreto patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.55							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.12	21.14	4.03	80.32	22208	276.51	289.99
	10.09	21.02	3.97	79.84	23976	300.30	
	10.14	20.98	3.95	80.63	23638	293.15	
14	10.11	20.69	3.97	80.24	27615	344.17	325.83
	10.09	21.09	3.99	79.92	26711	334.22	
	10.15	21.18	4.05	80.79	24165	299.10	
28	10.15	21.18	4.03	80.87	30413	376.06	332.82
	10.02	20.99	3.94	78.81	31251	396.51	
	10.09	21.04	4.00	79.84	28525	357.28	
	10.16	21.20	4.07	81.03	22349	275.80	
	10.13	21.20	4.05	80.55	27769	344.72	
	10.06	20.56	3.87	79.45	26672	335.73	
	10.06	1056.48	3.93	79.45	24154	304.04	
	10.37	21.27	4.19	84.42	27198	322.19	
	10.06	20.81	3.90	79.45	23789	299.44	
	10.14	21.18	4.11	80.71	25951	321.52	
	10.12	21.07	4.11	80.48	26556	329.99	
	10.17	21.08	4.05	81.19	26843	330.61	

#### C.1.3.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.55 + ad 0.72%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	9.90	20.84	3.97	76.86	26261	341.67	341.27
	10.06	21.03	4.14	79.45	24262	305.39	
	9.93	20.67	3.98	77.41	29161	376.73	
14	10.19	21.29	4.16	81.51	26993	331.16	350.46
	10.17	21.33	4.18	81.19	28787	354.56	
	10.06	20.80	3.97	79.45	29051	365.68	
28	10.12	21.09	4.15	80.48	35292	438.55	439.84
	10.17	21.20	4.18	81.19	36146	445.19	
	10.08	20.99	4.10	79.68	36500	458.07	

	10.27	21.13	4.23	82.72	36262	438.39	
	10.26	21.15	4.26	82.56	37838	458.340	
	10.09	21.11	4.10	79.92	34454	431.11	
	10.14	21.11	4.14	80.71	34445	426.760	
	10.15	21.33	4.20	80.87	34660	428.58	
	10.09	20.90	4.02	79.92	34649	433.55	
	10.14	21.20	4.09	80.71	27198	336.97	
	10.06	21.09	3.96	79.45	22349	281.32	
	10.27	21.14	4.07	82.72	24844	300.35	

### C.1.3.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.55 + ad 1.00%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.21	21.01	3.96	81.83	31923	390.11	445.89
	10.03	20.69	3.93	78.89	37825	479.45	
	10.00	21.00	3.99	78.50	36748	468.13	
14	10.11	20.51	3.96	80.16	37426	466.91	475.34
	10.13	21.13	4.17	80.55	40908	507.83	
	10.18	20.98	4.11	81.35	36712	451.28	
28	10.04	20.81	4.05	79.13	46490	587.52	524.22
	10.08	21.01	4.14	79.68	47981	602.16	
	10.12	20.98	4.13	80.40	38582	479.90	
	10.04	20.80	4.07	79.05	46385	586.78	
	10.08	20.75	4.06	79.68	46976	589.54	
	10.17	21.11	4.22	81.19	46731	575.56	
	10.11	21.15	4.19	80.24	44029	548.74	
	10.06	20.99	4.11	79.37	12083	152.24	
	10.16	20.56	4.17	80.95	46640	576.14	
	10.19	21.33	4.23	81.51	40208	493.28	
	10.09	21.19	4.25	79.92	43456	543.75	
10.09	20.05	4.00	79.92	44358	555.03		

### C.1.3.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.55 + ad 1.18%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.00	21.11	4.31	78.42	40811	520.41	543.20
	10.02	21.27	4.51	78.81	44466	564.19	
	10.00	20.94	4.32	78.42	42740	545.00	
14	10.03	21.18	4.27	78.97	46974	594.82	566.19
	10.04	21.08	4.25	79.05	43379	548.75	
	9.98	21.13	4.18	78.11	43349	554.99	

28	10.10	21.08	4.16	80.00	53976	674.71	620.50
	10.23	21.13	4.33	82.15	49417	601.53	
	10.15	21.17	4.21	80.87	51857	641.22	
	10.16	21.16	4.19	80.95	47602	588.03	
	10.10	21.11	4.17	80.00	53441	668.02	
	10.15	21.00	4.16	80.79	47895	592.81	
	10.24	21.06	4.31	82.23	53761	653.77	
	10.12	21.06	4.17	80.32	51333	639.14	
	10.12	21.23	4.22	80.32	42191	525.31	
	10.17	20.59	3.96	81.11	48616	599.37	
	10.06	21.11	4.16	79.37	47292	595.87	
	10.03	21.20	4.14	78.89	48262	611.74	

### C.1.4. Para la relación a/c = 0.60

#### C.1.4.1. Para el concreto patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.60							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.09	20.49	4.00	79.84	21700	271.79	245.09
	10.12	20.87	3.99	80.40	19924	247.83	
	10.14	21.04	4.03	80.71	17407	215.66	
14	10.07	20.82	3.95	79.52	21233	267.00	261.47
	10.20	21.02	4.06	81.59	19322	236.81	
	10.19	21.08	4.05	81.43	22850	280.60	
28	9.97	20.82	4.02	77.95	23723	304.33	314.17
	9.94	20.40	3.85	77.48	24135	311.49	
	9.97	20.78	3.97	78.03	23668	303.32	
	10.11	20.97	4.02	80.24	25754	320.98	
	10.11	20.96	4.02	80.16	26303	328.14	
	10.08	20.97	3.96	79.68	24281	304.72	
	10.03	20.75	3.92	78.97	25395	321.57	
	10.12	21.04	4.01	80.40	23800	296.04	
	10.12	20.84	3.96	80.40	27340	340.07	
	10.11	20.98	4.10	80.24	24981	311.34	
	10.06	20.67	4.09	79.45	25871	325.65	
10.26	21.15	4.16	82.56	24963	302.38		

#### C.1.4.2. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.60 + ad 0.72%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.09	21.04	4.07	79.84	18507	231.80	256.95
	10.01	20.78	4.01	78.58	20508	260.99	
	10.04	20.90	4.05	79.05	21981	278.06	
14	9.96	21.02	4.08	77.80	24142	310.33	315.01

	9.92	20.86	4.04	77.25	23715	306.99	
	9.94	20.82	4.00	77.56	25418	327.72	
28	9.98	20.00	4.06	78.11	28860	369.49	343.34
	10.00	20.56	3.96	78.42	25936	330.73	
	9.95	21.20	4.02	77.72	24491	315.13	
	10.00	20.67	4.03	78.50	26458	337.05	
	10.02	20.98	4.13	78.74	23797	302.24	
	9.98	21.01	4.04	78.11	28456	364.32	
	9.96	21.20	4.16	77.87	26353	338.41	
	9.99	20.81	4.05	78.27	27940	356.99	
	10.00	20.97	4.06	78.42	28511	363.56	
	10.06	21.04	3.93	79.45	27084	340.92	
	10.17	21.04	4.00	81.19	28364	349.35	
	10.06	20.90	4.09	79.45	27953	351.85	

#### C.1.4.3. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.60 + ad 1.00%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.09	21.07	4.18	79.84	31495	394.48	349.43
	10.08	21.17	4.13	79.76	24552	307.82	
	9.99	21.00	4.13	78.27	27078	345.98	
14	10.14	21.08	4.13	80.71	26307	325.93	362.89
	10.16	21.23	4.19	81.03	32071	395.78	
	10.15	21.04	4.11	80.79	29647	366.95	
28	10.04	20.76	3.98	79.05	33369	422.12	468.99
	10.23	21.03	4.27	82.15	38987	474.57	
	10.25	20.97	4.26	82.47	40924	496.20	
	10.08	21.60	4.02	79.76	39371	493.61	
	10.17	21.10	4.16	81.11	41020	505.72	
	10.09	20.63	4.02	79.84	32143	402.59	
	10.19	21.29	4.22	81.43	39632	486.69	
	10.07	20.37	4.00	79.60	38261	480.65	
	10.21	21.33	4.20	81.83	36691	448.37	
	10.22	21.07	4.20	81.99	38462	469.10	
	10.13	21.02	4.13	80.48	37626	467.55	
10.16	20.88	4.09	81.03	38953	480.71		

#### C.1.4.4. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA A/c = 0.60 + ad 1.18%							
Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	10.04	21.16	4.08	79.13	31299	395.54	415.87
	9.83	20.64	3.95	75.85	33319	439.25	
	10.00	20.51	4.17	78.42	32373	412.81	

14	10.01	20.80	3.98	78.66	36517	464.26	435.36
	10.12	21.09	4.15	80.32	33719	419.83	
	10.14	21.12	4.18	80.71	34060	421.99	
28	10.09	21.08	4.15	79.84	43263	541.87	519.22
	10.09	20.85	4.14	79.84	42384	530.86	
	10.09	20.83	4.12	79.84	41338	517.76	
	10.09	20.58	4.20	79.84	39403	493.52	
	10.09	21.13	4.36	79.84	42058	526.78	
	10.09	21.20	4.17	79.84	42296	529.76	
	10.09	21.04	4.17	79.84	40272	504.41	
	10.09	20.61	4.05	79.84	41281	517.05	
	10.09	20.87	4.13	79.84	37137	465.14	
	10.00	21.08	4.05	78.50	42658	543.41	
	10.11	20.75	4.17	80.24	43988	548.23	
10.15	20.98	4.16	80.79	41356	511.88		

## C.2. Resistencias a la tracción por compresión diametral

### C.2.1. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.45

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (28 días) PARA A/C=0.45						
relación a/c	Diseño	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
0.45	C.P.	9.98	20.94	13971	42.59	40.95
		9.96	20.91	12393	37.91	
		9.96	20.88	13819	42.34	
	C.P. + aditivo 0.72%	10.07	20.45	16729	51.72	50.75
		10.08	20.62	16917	51.82	
		10.03	20.64	15833	48.73	
	C.P. + aditivo 1.00%	10.06	20.71	16635	50.84	52.26
		10.16	21.19	16344	48.36	
		10.16	21.09	19374	57.58	
	C.P. + aditivo 1.18%	9.97	20.84	20410	62.55	56.22
		10.00	20.87	17723	54.10	
9.98		20.62	16800	52.01		

### C.2.2. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.50

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (28 días) PARA A/C=0.50						
relación a/c	Diseño	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
0.50	C.P.	9.98	20.94	13971	39.23	38.60
		9.96	20.91	12393	38.35	
		9.96	20.88	13819	38.21	
	C.P. + aditivo 0.72%	10.14	20.98	14153	42.39	43.57
		10.21	21.32	15818	46.30	
		10.12	21.15	14128	42.03	

	C.P. + aditivo 1.00%	10.24	20.98	16762	49.71	50.23
		10.15	21.14	17827	52.93	
		10.19	21.32	16395	48.04	
	C.P. + aditivo 1.18%	10.08	20.64	16281	49.83	51.27
		10.09	20.90	17355	52.42	
		10.02	20.69	16779	51.55	

### C.2.3. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.55

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (28 días) PARA A/C=0.55						
relación a/c	Diseño	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
0.55	C.P.	10.05	21.25	11023	32.86	34.19
		10.04	20.75	11223	34.30	
		10.02	20.65	11510	35.41	
	C.P. + aditivo 0.72%	10.13	21.04	14747	44.08	41.41
		10.04	20.63	12994	39.95	
		10.06	20.60	13081	40.20	
	C.P. + aditivo 1.00%	10.07	20.88	16217	49.11	47.02
		10.12	20.89	15319	46.14	
		10.18	21.13	15474	45.81	
	C.P. + aditivo 1.18%	10.08	20.83	16215	49.17	47.93
		10.14	21.14	16120	47.89	
		10.04	20.62	15187	46.74	

### C.2.4. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.60

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL (28 días) PARA A/C=0.60						
relación a/c	Diseño	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
0.6	C.P.	9.98	21.06	13342	40.42	33.34
		9.93	20.76	10019	30.94	
		9.94	21.03	9402	28.64	
	C.P. + aditivo 0.72%	10.05	20.62	12296	37.79	38.26
		10.08	20.68	14045	42.91	
		10.05	20.51	11033	34.09	
	C.P. + aditivo 1.00%	10.22	21.07	12556	37.12	40.84
		10.13	21.02	13656	40.86	
		10.16	20.88	14842	44.54	
	C.P. + aditivo 1.18%	10.22	21.05	15541	46.02	42.66
		10.08	21.67	14106	41.14	
		10.07	21.65	13968	40.80	













C.3.2.3 Para el concretó patrón + 1.00% aditivo

MUESTRA 1				MUESTRA 2					
CARGA APLICADA		DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.50 +1.18%ADITIVO (10exp(-4) cm)		CARGA APLICADA		DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.45 (10exp(-4) cm)			
kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	medida 1	medida 2	Promedio	deformacion unitaria cm.*10exp(-4)/cm		
0	0.00	0	0	0	0	0	0.000		
2000	10.80	10	9	2000	11.01	11	0.314		
4000	21.60	22	22	4000	22.03	19	0.728		
6000	32.40	34	33	6000	33.04	30	1.109		
8000	43.20	46	44	8000	44.06	42	1.489		
10000	54.00	59	58	10000	55.07	53	1.936		
12000	64.80	70	69	12000	66.09	64	2.300		
14000	75.61	82	81	14000	77.10	76	2.697		
16000	86.41	95	94	16000	88.12	86	3.127		
18000	97.21	107	106	18000	99.13	100	3.524		
20000	108.01	118	116	20000	110.15	114	3.872		
Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	E1=40% f <sub>c28</sub> dias	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima (kg)	E1=40% f <sub>c28</sub> dias	Longitud (cm)
15.355	185.173	55703	120.327	30.220	15.205	181.572	55703	122.712	30.500
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	D1 (*10 <sup>-4</sup> )	D0 (*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =	E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	D1 (*10 <sup>-4</sup> )	D0 (*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =
120.327	15.1934	4.341	0.5	273740.00	122.712	16.8376	4.084	0.5	295420.00
M.E.E. prom. (kg/cm <sup>2</sup> )					M.E.E. prom. (kg/cm <sup>2</sup> )				
284580.00					284580.00				

ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA

$Y = 27.374X + 1.5064$

ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA

$Y = 29.542X + 2.0683$





C.3.3.2 Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

CARGA APLICADA				DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.55 + 0.72%ADITIVO (10exp(-4) cm)				deformacion unitaria cm. *10exp(-4)/cm				
kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio	0	11.5	25.5	39.5	54	68	82	96
0	0.00	0	0	0	0.000	0.380	0.842	1.304	1.783	2.245	2.740	3.219
2000	10.70	11	12	11.5	0.380	0.842	1.304	1.783	2.245	2.740	3.219	
4000	21.39	25	26	25.5	0.842	1.304	1.783	2.245	2.740	3.219		
6000	32.09	40	39	39.5	1.304	1.783	2.245	2.740	3.219			
8000	42.78	54	54	54	1.783	2.245	2.740	3.219				
10000	53.48	68	68	68	2.245	2.740	3.219					
12000	64.18	84	82	83	2.740	3.219						
14000	74.87	99	96	97.5	3.219							
Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	f'c28 dias	Longitud (cm)								
15.43	186.986	36500	78.081	30.330								
E1 (kg/cm2)	E0 (kg/cm2)	D1(*10 <sup>-4</sup> )	DO(*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =								
78.081	12.957	3.331	0.5	230060.00								
				M.E.E. prom. (kg/cm2)	230060.00							

CARGA APLICADA				DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.55 (10exp(-4) cm)				deformacion unitaria cm. *10exp(-4)/cm				
kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio	0	12.5	24.5	39.5	54	67	82	95
0	0.00	0	0	0	0.000	0.416	0.815	1.314	1.797	2.230	2.729	3.161
2000	10.57	13	12	12.5	0.416	0.815	1.314	1.797	2.230	2.729	3.161	
4000	21.14	26	23	23	0.815	1.314	1.797	2.230	2.729	3.161		
6000	31.72	41	38	39.5	1.314	1.797	2.230	2.729	3.161			
8000	42.29	56	52	54	1.797	2.230	2.729	3.161				
10000	52.86	69	65	67	2.230	2.729	3.161					
12000	63.43	83	81	82	2.729	3.161						
14000	74.01	97	93	95	3.161							
Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	E1=40% f'c28 dias	Longitud (cm)								
15.52	189.174	36500	77.178	30.050								
E1 (kg/cm2)	E0 (kg/cm2)	D1(*10 <sup>-4</sup> )	DO(*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =								
77.178	12.569	3.297	0.5	230990.00								
				M.E.E. =	230990.00							

ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA

ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA

C.3.3.3 Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

CARGA APLICADA				DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.55 +1.18%ADITIVO (10exp(-4) cm)			deformacion unitaria cm.*10exp(-4)/cm		
kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio	kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio
0	0.00	0	0	0	0	0.00	0	0	0
2000	10.72	8	9	8.5	2000	10.72	0.281	0.281	0.281
4000	21.45	20	21	20.5	4000	21.45	0.677	0.677	0.677
6000	32.17	31	32	31.5	6000	32.17	1.041	1.041	1.041
8000	42.90	44	45	44.5	8000	42.90	1.471	1.471	1.471
10000	53.62	56	56	56	10000	53.62	1.851	1.851	1.851
12000	64.34	69	70	69.5	12000	64.34	2.297	2.297	2.297
14000	75.07	83	85	84	14000	75.07	2.776	2.776	2.776
16000	85.79	97	98	97.5	16000	85.79	3.222	3.222	3.222
18000	96.51	110	111	110.5	18000	96.51	3.652	3.652	3.652
20000	107.24	124	125	124.5	20000	107.24	4.114	4.114	4.114
Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	EI=40% f'c28 dias	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	EI=40% f'c28 dias	Longitud (cm)
15.41	186.502	51857	111.221	30.260	15.265	183.008	51857	113.344	30.370
EI (kg/cm <sup>2</sup> )	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	D1 (*10 <sup>-4</sup> )	DO (*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =	EI (kg/cm <sup>2</sup> )	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	D1 (*10 <sup>-4</sup> )	DO (*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =
111.221	16.6799	4.195	0.5	255850.00	113.344	18.6749	4.072	0.5	265030.00
<b>M.E.E. prom. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>260440.00</b>				

CARGA APLICADA				DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.55 +1.18%ADITIVO (10exp(-4) cm)			deformacion unitaria cm.*10exp(-4)/cm		
kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio	kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio
0	0.00	0	0	0	0	0.00	0	0	0
2000	10.72	8	9	8.5	2000	10.72	0.281	0.281	0.281
4000	21.45	20	21	20.5	4000	21.45	0.677	0.677	0.677
6000	32.17	31	32	31.5	6000	32.17	1.041	1.041	1.041
8000	42.90	44	45	44.5	8000	42.90	1.471	1.471	1.471
10000	53.62	56	56	56	10000	53.62	1.851	1.851	1.851
12000	64.34	69	70	69.5	12000	64.34	2.297	2.297	2.297
14000	75.07	83	85	84	14000	75.07	2.776	2.776	2.776
16000	85.79	97	98	97.5	16000	85.79	3.222	3.222	3.222
18000	96.51	110	111	110.5	18000	96.51	3.652	3.652	3.652
20000	107.24	124	125	124.5	20000	107.24	4.114	4.114	4.114
Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	EI=40% f'c28 dias	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	EI=40% f'c28 dias	Longitud (cm)
15.41	186.502	51857	111.221	30.260	15.265	183.008	51857	113.344	30.370
EI (kg/cm <sup>2</sup> )	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	D1 (*10 <sup>-4</sup> )	DO (*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =	EI (kg/cm <sup>2</sup> )	E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	D1 (*10 <sup>-4</sup> )	DO (*10 <sup>-4</sup> )	M.E.E. =
111.221	16.6799	4.195	0.5	255850.00	113.344	18.6749	4.072	0.5	265030.00
<b>M.E.E. prom. (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>260440.00</b>				

**ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA**

$y = 25.585x + 3.8874$

**ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA**

$y = 26.503x + 5.4424$

Estudio del concreto con cemento portland tipo i de mediana a alta resistencia utilizando aditivo superplastificante reductor de agua.

Autor: Mayhuay Tarazona Héctor Eduardo









C.3.4.4 Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

CARGA APLICADA				DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.60 +1%ADITIVO (10exp(-4) cm)			deformacion unitaria cm. *10exp(-4)/cm	CARGA APLICADA				DEFORMACION UNITARIA DEL CONCRETO A/C= 0.60 +1%ADITIVO			deformacion unitaria cm. *10exp(-4)/cm
kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio	medida 1	medida 2	Promedio	kg	kg/cm <sup>2</sup>	medida 1	medida 2	Promedio	medida 1	medida 2	Promedio
0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0
2000	10.78	15	15	15	0.500	0.500	0.500	2000	10.77	15	16	15.5	15.5	15.5	0.515
4000	21.56	26	27	26.5	0.883	0.883	0.883	4000	21.53	27	27	27	27	27	0.898
6000	32.34	39	40	39.5	1.316	1.316	1.316	6000	32.30	40	41	40.5	40.5	40.5	1.347
8000	43.12	52	54	53	1.766	1.766	1.766	8000	43.06	53	54	53.5	53.5	53.5	1.779
10000	53.90	68	69	68.5	2.283	2.283	2.283	10000	53.83	69	70	69.5	69.5	69.5	2.311
12000	64.68	81	80	80.5	2.682	2.682	2.682	12000	64.59	80	82	81	81	81	2.694
14000	75.46	93	92	92.5	3.082	3.082	3.082	14000	75.36	93	94	93.5	93.5	93.5	3.109
16000	86.24	105	106	105.5	3.515	3.515	3.515	16000	86.13	105	107	106	106	106	3.525
Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	E1=40% f <sub>c28</sub> dias	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	E1=40% f <sub>c28</sub> dias	Longitud (cm)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga maxima	E1=40% f <sub>c28</sub> dias	Longitud (cm)	
15.325	184.450	40924	88.748	30.220	15.285	183.488	40924	89.213	30.370						
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	88.748				E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	89.213									
E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	11.7276				E0 (kg/cm <sup>2</sup> )	13.0232									
D1(*10 <sup>-4</sup> )	3.636				D1(*10 <sup>-4</sup> )	3.561									
DO(*10 <sup>-4</sup> )	0.5				DO(*10 <sup>-4</sup> )	0.5									
M.E.E. =	245600.57				M.E.E. =	248869.62									
		M.E.E. prom. (kg/cm <sup>2</sup> )		247235.09											

ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA		ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA	
	<p>ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA</p> <p>Y = 24.505X - 0.5224</p>		<p>ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA</p> <p>Y = 24.41X - 0.8183</p>

### C.4. Ensayo de flexión

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA (28 días) PARA A/C=0.45								
relación a/c	Diseño	ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.45	C.P.	15.13	15.77	50.70	45.70	3260	39.60	40.60
		15.43	15.77	50.60	45.60	3500	41.60	
	C.P. + aditivo 0.72%	15.23	15.73	50.70	45.70	3610	43.75	44.16
		15.30	15.80	50.40	45.40	3750	44.57	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.33	15.73	50.30	45.30	4430	52.87	51.77
		15.23	15.70	50.40	45.40	4190	50.66	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.30	15.70	50.20	45.20	5280	63.28	63.36
		15.70	15.43	50.90	45.90	5170	63.44	

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA (28 días) PARA A/C=0.50								
relación a/c	Diseño	ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.50	C.P.	15.43	15.57	50.20	45.20	3250	39.28	38.55
		15.13	15.83	50.40	45.40	3160	37.82	
	C.P. + aditivo 0.72%	16.30	15.37	50.30	45.30	3920	46.14	45.95
		15.77	15.67	50.40	45.40	3900	45.75	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.33	15.80	50.10	45.10	4570	53.85	53.26
		15.80	15.30	50.20	45.20	4310	52.67	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.87	15.50	50.40	45.40	5050	60.15	60.99
		15.37	15.50	50.20	45.20	5050	61.82	

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA (28 días) PARA A/C=0.55								
relación a/c	Diseño	ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.55	C.P.	15.50	15.90	50.80	45.80	2870	33.55	33.99
		15.53	15.87	50.20	45.20	2980	34.44	
	C.P. + aditivo 0.72%	15.37	15.47	50.30	45.30	3850	47.44	42.61
		15.43	15.80	50.20	45.20	3220	37.78	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.57	15.43	50.40	45.40	4170	51.06	50.56
		15.57	15.33	49.90	44.90	4080	50.05	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.53	15.60	49.90	44.90	4600	54.64	56.04
		15.23	15.70	50.60	45.60	4730	57.44	

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA (28 días) PARA A/C=0.60								
relación a/c	Diseño	ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.60	C.P.	15.50	15.90	50.80	45.80	2870	33.55	33.32
		15.17	15.63	51.30	46.30	2650	33.10	
	C.P. + aditivo 0.72%	15.77	15.37	50.60	45.60	3600	44.09	42.89
		15.43	15.70	50.70	45.70	3470	41.69	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.13	15.83	51.00	46.00	3970	48.14	47.72
		15.53	15.73	50.70	45.70	3980	47.30	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.47	15.77	50.20	45.20	4560	53.61	52.82
		15.37	15.73	50.40	45.40	4360	52.04	

## ANEXO D: ANÁLISIS DE COSTOS

### D.1. Costos para el diseño de relación a/c=0.45

A/C=0.45						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
Patrón	cemento	531.1111	bls	12.497	23.00	287.42
	agua	239.0000	m3	0.239	1.50	0.36
	arena	698.3947	m3	0.285	40.00	11.40
	piedra	798.0724	m3	0.292	50.00	14.62
	<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>					
Patrón + 0.72% aditivo C.P.	cemento	531.1111	bls	12.497	23.00	287.42
	agua	181.3920	m3	0.181	1.50	0.27
	arena	763.8704	m3	0.312	40.00	12.47
	piedra	872.8931	m3	0.320	50.00	15.99
	aditivo	3.8240	gal	0.920	36.00	33.11
<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>						<b>349.26</b>
Patrón + 1.00% aditivo C.P.	cemento	531.1111	bls	12.497	23.00	287.42
	agua	158.2836	m3	0.158	1.50	0.24
	arena	790.1863	m3	0.323	40.00	12.90
	piedra	902.9649	m3	0.331	50.00	16.54
	aditivo	5.3111	gal	1.277	36.00	45.98
<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>						<b>363.08</b>
Patrón + 1.18% aditivo C.P.	cemento	531.1111	bls	12.497	23.00	287.42
	agua	154.3680	m3	0.154	1.50	0.23
	arena	793.8713	m3	0.324	40.00	12.96
	piedra	907.1759	m3	0.332	50.00	16.61
	aditivo	6.2671	gal	1.507	36.00	54.26
<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>						<b>371.49</b>

### D.2. Costos para el diseño de relación a/c=0.50

A/C=0.50						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
0.50 Patrón	cemento	446.0000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	223.0000	m3	0.239	1.50	0.36
	arena	698.3947	m3	0.285	40.00	11.40
	piedra	798.0724	m3	0.292	50.00	14.62
	<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>					
0.50 Patrón + 0.72% aditivo C.P.	cemento	446.0000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	180.2833	m3	0.180	1.50	0.27
	arena	798.5671	m3	0.326	40.00	13.04
	piedra	912.5418	m3	0.334	50.00	16.71
	aditivo	3.2112	gal	0.772	36.00	27.80

		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>299.19</b>
0.50 Patrón + 1.00% aditivo C.P.	cemento	446.0000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	151.6758	m3	0.152	1.50	0.23
	arena	831.7965	m3	0.340	40.00	13.58
	piedra	950.5139	m3	0.348	50.00	17.41
	aditivo	4.4600	gal	1.073	36.00	38.61
		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>311.20</b>
0.50 Patrón + 1.18% aditivo C.P.	cemento	446.0000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	143.9099	m3	0.144	1.50	0.22
	arena	840.3072	m3	0.343	40.00	13.72
	piedra	960.2392	m3	0.352	50.00	17.59
	aditivo	5.2628	gal	1.266	36.00	45.57
		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>318.45</b>

D.3. Costos para el diseño de relación a/c=0.55

<b>A/C=0.55</b>						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
0.55 Patrón	cemento	390.9091	bls	9.198	23.00	211.55
	agua	215.0000	m3	0.215	1.50	0.32
	arena	781.2603	m3	0.319	40.00	12.76
	piedra	892.7649	m3	0.327	50.00	16.35
		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>240.98</b>
0.55 Patrón + 0.72% aditivo C.P.	cemento	390.9091	bls	9.198	23.00	211.55
	agua	179.2011	m3	0.179	1.50	0.27
	arena	821.4665	m3	0.335	40.00	13.41
	piedra	938.7095	m3	0.344	50.00	17.19
	aditivo	2.8145	gal	0.677	36.00	24.37
		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>266.79</b>
0.55 Patrón + 1.00% aditivo C.P.	cemento	390.9091	bls	9.198	23.00	211.55
	agua	148.2330	m3	0.148	1.50	0.22
	arena	857.7208	m3	0.350	40.00	14.00
	piedra	980.1382	m3	0.359	50.00	17.95
	aditivo	3.9091	gal	0.940	36.00	33.84
		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>277.57</b>
0.55 Patrón + 1.18% aditivo C.P.	cemento	390.9091	bls	9.198	23.00	211.55
	agua	136.6058	m3	0.137	1.50	0.20
	arena	871.0110	m3	0.356	40.00	14.22
	piedra	995.3252	m3	0.365	50.00	18.23
	aditivo	4.6127	gal	1.109	36.00	39.94
		<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>				<b>284.14</b>

D.4. Costos para el diseño de relación a/c=0.60

<b>A/C=0.60</b>						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
0.60 Patron	cemento	356.6667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	214.0000	m3	0.214	1.50	0.32
	arena	815.9240	m3	0.333	40.00	13.32
	pedra	886.5464	m3	0.325	50.00	16.24
	<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>					
0.60 Patrón + 0.72% aditivo C.P.	cemento	356.6667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	176.6589	m3	0.177	1.50	0.26
	arena	810.9383	m3	0.331	40.00	13.24
	pedra	926.6787	m3	0.339	50.00	16.97
	aditivo	2.5680	gal	0.618	36.00	22.23
<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>						<b>245.73</b>
0.60 Patrón + 1.00% aditivo C.P.	cemento	356.6667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	174.1135	m3	0.174	1.50	0.26
	arena	808.6306	m3	0.330	40.00	13.20
	pedra	924.0416	m3	0.338	50.00	16.92
	aditivo	3.5667	gal	0.858	36.00	30.88
<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>						<b>254.29</b>
0.60 Patrón + 1.18% aditivo C.P.	cemento	356.6667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	157.1212	m3	0.157	1.50	0.24
	arena	807.9246	m3	0.330	40.00	13.19
	pedra	923.2349	m3	0.338	50.00	16.91
	aditivo	4.2087	gal	1.012	36.00	36.44
<b>costo total para 1 m3 de concreto (soles)</b>						<b>259.79</b>

## ANEXO E: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N° 01: Cuarteo para ensayos y obtener propiedades del agregado fino (capítulo 3.2.)

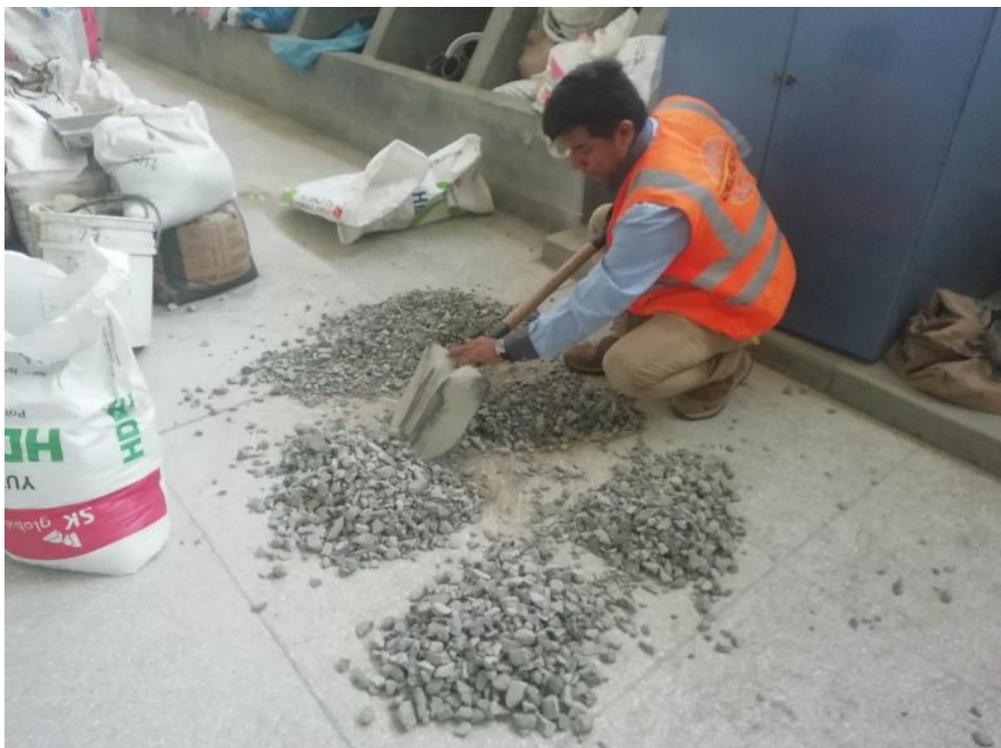


Figura N° 02: Cuarteo para ensayos y obtener propiedades del agregado grueso (capítulo 3.2.)



Figura N° 03: Ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado fino (cuadro N°5)



Figura N° 04: Ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (cuadro N°5)



Figura N° 05: Obtención del asentamiento mediante el cono de Abrams de cada muestra preparada (capítulo 5.1.2.1)



Figura N° 06: Ensayo de peso unitario de todas las muestras de concreto (capítulo 5.1.2.2)



Figura N° 07: Ensayo de fluidez en la mesa de sacudidas para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.2.3)



Figura N° 08: Ensayo de contenido de aire mediante la olla de Washington para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.2.4)



Figura N° 09: Ensayo Exudacion para cada diseño de concreto (capitulo 5.1.2.5)



Figura N° 10: Ensayo de tiempo de fragua mediante las agujas de Vicat para cada diseño de concreto (capitulo 5.1.2.6)



Figura N° 11: Muestreo de probetas de 10x20 cm y 15x30 cm, así como el fraguado a los 7, 14 o 28 días según correspondan para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.3.)



Figura N° 12: Marcado para ensayos de resistencia a la compresión axial, tracción diametral y modulo elástico para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.3.)



Figura N° 13: Ensayos de resistencia a la compresión axial para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.3.1.)



Figura N° 14: Ensayos de resistencia a la tracción diametral para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.3.2)



Figura N° 15: Adecuación de comprensometro a probetas de 15x30 cm para ensayo de M.E. de cada diseño de concreto (capitulo 5.1.3.3)



Figura N° 16: Ensayo de M.E. mediante la máquina universal para cada diseño de concreto (capitulo 5.1.3.3)



Figura N° 17: Marcado y medición de vigas para ensayo a flexión (capítulo 5.1.3.4)



Figura N° 18: Ensayo de resistencia a la flexión de vigas a los 28 días para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.3.4)

## ANEXO F: CERTIFICADO DE LABORATORIO



### UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

#### Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Camera de Ingeniería Civil Acreditada por  
  
Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

### CONSTANCIA

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

El Sr. **HECTOR EDUARDO MAYHUAY TARAZONA**, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, solicitó al Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales permiso para la realización de ensayos, en Agregados (fino, grueso y global), Concreto fresco y Concreto endurecido en el marco de la Investigación **"ESTUDIO DEL CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA UTILIZANDO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE REDUCTOR DE AGUA"**

Se le brindó las facilidades del caso para la realización de dichos ensayos desde el mes de octubre del 2020 hasta febrero del 2021.

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

Lima, 22 de Abril del 2021

  
Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN  
Jefe (e) de Laboratorio

---

### UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001



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



[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

