

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

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

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

MARLON ROGER LLANOS BASURTO

ASESOR

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN

LIMA- PERÚ

2022

© 2022, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Informe de Suficiencia en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Llanos Basurto, Marlon Roger

marlo13200813@gmail.com.

945535685

DEDICATORIA

A mis padres Yude y Procopio, por haberme apoyado económicamente y moralmente a lo largo de mi vida.

A mis tíos por inculcarme valores y transmitirme sus experiencias de vida para ser una persona de bien.

A mi compañera de vida Nadia, por su apoyo incondicional.

A mis hermanos y primos para que tengan el deseo de seguir avanzando profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa BASF, la cual me proporcionó los aditivos para realizar los ensayos de la presente tesis.

A mi asesor Rafael Cachay Huamán, quien me asesoró en el proceso de la presente tesis sobre concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua.

Al laboratorio de ensayo de materiales (LEM), al personal técnico y administrativo que me dieron las facilidades para realizar los ensayos.

A mis amigos que siempre me apoyaron anímicamente y moralmente.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
PRÓLOGO	9
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE GRÁFICOS	15
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	18
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	19
1.1. GENERALIDADES	19
1.2. PROBLEMÁTICA.....	20
1.3. OBJETIVOS	21
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. HIPÓTESIS	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	22
2.1. CONCRETO	22
2.1.1. Definición.....	22
2.1.2. Características.....	22
2.1.3. Tipos de concretos	23
2.2. CEMENTO PORTLAND	23
2.2.1. Definición.....	23
2.2.2. Materias primas utilizadas en la elaboración del cemento portland....	23
2.2.3. Cemento portland usado en la tesis.....	24

2.2.3.1.	Cemento Portland tipo 1	24
2.3.	AGREGADOS.....	24
2.3.1.	Definición.....	24
2.3.2.	Clasificación de los agregados	25
2.4.	ADITIVOS.....	25
2.4.1.	Definición.....	25
2.4.2.	Condiciones de empleo	26
2.4.3.	Clasificación de los aditivos	26
2.4.4.	Aditivos superplastificantes.....	27
2.5.	AGUA USADO EN EL CONCRETO	28
CAPITULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS		29
3.1.	DEFINICIONES	29
3.1.1.	Análisis granulometría (NTP 400.012)	29
3.1.1.1.	Tamaño máximo (NTP 400.037).....	31
3.1.1.2.	Tamaño máximo nominal (NTP 400.037)	31
3.1.1.3.	Módulo de finura (ASTM C33)	31
3.1.2.	Peso unitario (NTP 400.017).....	31
3.1.2.1.	Peso unitario suelto (P.U.S).....	32
3.1.2.2.	Peso unitario compactado (P.U.C).....	32
3.1.3.	Peso específico del agregado fino (NTP 400.022)	33
3.1.3.1.	Peso específico de masa (Pem).....	33
3.1.3.2.	Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Pesss).....	34
3.1.3.3.	Peso específico aparente (Pea).....	34
3.1.3.4.	Porcentaje de absorción (Ab).....	34
3.1.4.	Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)	34
3.1.4.1.	Peso específico de masa (Pem).....	35

3.1.4.2.	Peso específico saturado superficialmente seco (P_{esss})	36
3.1.4.3.	Peso específico aparente (P_{ea}).....	36
3.1.4.4.	Porcentaje de absorción (A_b).....	36
3.1.5.	Contenido de humedad (NTP 339.185)	36
3.1.6.	Porcentaje que pasa la malla N°200 (NTP 400.018).....	37
3.2.	RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	37
3.2.1.	Resultados de las propiedades del agregado fino.....	37
3.2.2.	Resultados de las propiedades del agregado grueso.....	39
3.3.	AGREGADO GLOBAL.....	40
3.3.1.	Peso unitario compactado	41
3.3.2.	Análisis granulométrico.....	42
3.4.	CEMENTO.....	43
3.4.1.	Cemento usado en la investigación	43
3.5.	AGUA	44
3.5.1.	Agua usada en la investigación	44
3.6.	ADITIVO	44
3.6.1.	Aditivo usado en la investigación	44
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO		45
4.1.	DEFINICIÓN.....	45
4.2.	DISEÑO Y DOSIFICACIÓN	45
4.3.	SELECCIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO	45
4.4.	DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.....	46
4.4.1	Método para la obtención del agua.....	46
4.4.2	Determinación de la relación arena/piedra por resistencia.....	48
4.4.3	Dosificación del concreto patrón	51
4.4.3.1.	Concreto patrón con $a/c = 0.50$	52

4.4.3.2.	Concreto patrón con $a/c = 0.60$	55
4.4.3.3.	Concreto patrón con $a/c = 0.70$	56
4.4.3.4.	Concreto patrón con $a/c = 0.80$	56
4.5	DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE ADITIVO.....	57
4.5.1	Dosificación de $a/c = 0.50$ con aditivo.....	57
4.5.1.1.	$a/c = 0.50$ y aditivo 0.72% del peso de cemento.....	57
4.5.1.2.	$a/c = 0.50$ y aditivo 1.00% del peso de cemento.....	58
4.5.1.3.	$a/c = 0.50$ y aditivo 1.18% del peso de cemento.....	58
4.5.2	Dosificación de $a/c = 0.60$ con aditivo.....	58
4.5.2.1	$a/c = 0.60$ y aditivo 0.72% del peso de cemento.....	58
4.5.2.2	$a/c = 0.60$ y aditivo 1.00% del peso de cemento.....	59
4.5.2.3	$a/c = 0.60$ y aditivo 1.18% del peso de cemento.....	59
4.5.3	Dosificación de $a/c = 0.70$ con aditivo.....	60
4.5.3.1	$a/c = 0.70$ y aditivo 0.72% del peso de cemento.....	60
4.5.3.2	$a/c = 0.70$ y aditivo 1.00% del peso de cemento.....	60
4.5.3.3	$a/c = 0.70$ y aditivo 1.18% del peso de cemento.....	61
4.5.4	Dosificación de $a/c = 0.80$ con aditivo.....	61
4.5.4.1	$a/c = 0.80$ y aditivo 0.72% del peso de cemento.....	61
4.5.4.2	$a/c = 0.80$ y aditivo 1.00% del peso de cemento.....	62
4.5.4.3	$a/c = 0.80$ y aditivo 1.18% del peso de cemento.....	62
4.6	RESULTADO DEL AGUA REDUCIDA EN CADA DISEÑO.....	63
CAPÍTULO V: ENSAYOS.....		66
5.1	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	66
5.1.1.	Consistencia (NTP 339.035).....	66
5.1.2.	Peso unitario (NTP 339.046).....	71
5.1.3.	Fluidez (NTP 339.085).....	75

5.1.4.	Contenido de aire (NTP 339.046)	79
5.1.5.	Exudación (NTP 339.077).....	82
5.1.6.	Tiempo de fraguado (NTP 339.082).....	86
5.2	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	89
5.2.1.	Resistencia a la compresión axial (NTP 339.034)	90
5.2.2.	Resistencia a la tracción diametral (NTP 339.084).....	96
5.2.3.	Módulo Elástico (ASMT C469)	98
5.2.4.	Ensayo de resistencia a la flexión (NTP 339.078)	100
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		102
6.1.	ANÁLISIS DE AGREGADOS (NTP-339-037)	102
6.1.1.	Agregado Fino	102
6.1.2.	Agregado grueso	103
6.1.3.	Agregado global.....	103
6.2.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	104
6.2.1.	Consistencia (NTP-339-035).....	104
6.2.2.	Peso unitario (NTP-339-046)	104
6.2.3.	Fluidez (NTP-339-085)	105
6.2.4.	Contenido de aire (NTP-339-080).....	106
6.2.5.	Exudación (NTP-339-077)	107
6.2.6.	Tiempo de fragua (NTP-339-082)	108
6.3.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO....	109
6.3.1.	Resistencia a la compresión (NTP-339-034).....	109
6.3.2.	Resistencia a la tracción (NTP-339-084).....	112
6.3.3.	Modulo Elástico (ASTM C469)	112
6.3.4.	Resistencia a la flexión (NTP-339-078).....	113
6.4.	ANALISIS DE LA REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA.....	114
6.5.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	115

6.6.	ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTRAS INVESTIGACIONES	119
6.6.1.	Análisis de costos de un diseño de concreto sin aditivo de resistencia a la compresión $f'c = 612 \text{ kg/cm}^2$	121
	CONCLUSIONES	125
	RECOMENDACIONES	128
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
	ANEXOS	132
	ANEXO I: ENSAYOS DE AGREGADOS	133
	ANEXO II: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	137
	ANEXO III: ENSAYOS DEL CONCRETO EN EL ESTADO ENDURECIDO.....	167
	ANEXO IV: ANÁLISIS DE COSTOS	216
	ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO MasterEase 3900	220
	ANEXO VI: PANEL FOTOGRÁFICO	222

RESUMEN

Hoy en día el concreto es un material de uso común y convencional, el cual se obtiene por la mezcla de 3 principales componentes, cemento, agua y agregados. Estos componentes se mezclan en distintas proporciones con la finalidad de adquirir ciertas propiedades siendo el más importante la resistencia a la compresión. En la actualidad existen ciertos productos llamados aditivos, los cuales al agregar al concreto permiten aumentar la resistencia a la compresión manteniendo el diseño patrón.

En el presente trabajo de investigación se usó el aditivo MasterEase 3900, el cual es un aditivo superplastificante reductor de agua, del cual se pretende verificar la veracidad de las propiedades que indican en las especificaciones técnicas proporcionada por el fabricante, así también se usó cemento portland tipo I, agregados fino de la cantera Trapiche y agregado grueso de la cantera de Unicon.

Para la producción del concreto en primer lugar se realizaron ensayos de los agregados finos y gruesos por separado, y luego en conjunto (agregado global), para encontrar la proporción óptima de estos. Luego se realizaron ensayos del concreto en estado fresco y endurecido. Para el concreto patrón se usó las relaciones agua/cemento 0.50, 0.60, 0.70 y 0.80; y luego para cada relación agua/cemento del concreto patrón se usó las dosificaciones de aditivo en 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso de cemento.

Los ensayos realizados del concreto en estado fresco son de consistencia, peso unitario, contenido de aire, tiempo de fraguado, y en estado endurecido son de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por compresión diametral, modulo elástico y ensayo a la flexión. Todos estos ensayos fueron realizados en el Laboratorio de ensayo de materiales de la universidad Nacional de Ingeniería.

Por último, se compara los resultados de los ensayos realizados, para lo cual se toma como base de comparación el concreto patrón y se determina el óptimo comportamiento del concreto con menor costo.

ABSTRACT

Today, concrete is a commonly used and conventional material, which is obtained by mixing three main components: cement, water and aggregates. These components are mixed in different proportions in order to acquire certain properties, the most important of which is compressive strength. At present there are certain products called additives, which when added to concrete allow increasing the compressive strength while maintaining the standard design.

In the present research work, MasterEase 3900 admixture was used, which is a water-reducing superplasticizing admixture, the purpose of which is to verify the veracity of the properties indicated in the technical specifications provided by the manufacturer, as well as Portland cement type I, fine aggregates from the Trapiche quarry and coarse aggregate from the Unicon quarry.

For the production of the concrete, first the fine and coarse aggregates were tested separately, and then as a whole (global aggregate), to find the optimum proportion of these aggregates. Then the concrete was tested in its fresh and hardened state. For the standard concrete, the water/cement ratios 0.50, 0.60, 0.70 and 0.80 were used; and then for each water/cement ratio of the standard concrete, the admixture dosages of 0.72%, 1.00% and 1.18% of the weight of cement were used.

The tests performed on the fresh concrete are consistency, unit weight, air content, setting time, and on the hardened concrete are compressive strength, diametral compressive strength, elastic modulus and flexural strength. All these tests were carried out at the Materials Testing Laboratory of the National Engineering University.

Finally, the results of the tests performed are compared, for which the standard concrete is taken as a basis for comparison and the optimum behavior of the concrete with the lowest cost is determined.

PRÓLOGO

La investigación universitaria en el Perú es escasa, por ello 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 debido a que su aplicación está dando resultados positivos en obras de gran envergadura y pequeñas al interior del país, considerando las variedades de climas presentes y la complejidad de cada obra para ser ejecutadas, el aditivo MASTER EASE 3900, de acuerdo al fabricante es un aditivo superplastificante y reductor de agua.

Al interior del país existen condiciones especiales respecto a climas, suelos y materiales los cuales afectan directamente a las propiedades del concreto como son la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del concreto, siendo un factor adicional razones económicas y plazos de ejecución de obra que hacen necesaria el uso de aditivos que puedan contrarrestar las condiciones desfavorables para un buen concreto.

Se observó que el concreto de mediana a baja resistencia modificó ciertas propiedades. La disminución de la exudación, reductor de agua, aumenta la propiedad de resistencia a la compresión a medida que se adiciona aditivo.

Los resultados que se obtienen del presente trabajo de investigación pretenden servir como orientación para los profesionales de la construcción, teniendo en cuenta las variables para la elaboración del concreto como las propiedades de los agregados, climas, temperatura de la zona, acceso al lugar entre otros.

Ing. Rafael Cachay Huamán

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1: Límites granulométricos del agregado fino	29
Tabla N°2: Límites granulométricos del agregado grueso.....	30
Tabla N°3: Capacidad de medida del recipiente según TMN.....	32
Tabla N°4: Peso mínimo de la muestra de ensayo	35
Tabla N°5: Resumen de las propiedades físicas del agregado fino	38
Tabla N°6: Granulometría del agregado fino.....	38
Tabla N°7: Resumen de las propiedades físicas del agregado grueso	39
Tabla N°8: Granulometría del agregado grueso.....	40
Tabla N°9: Resultados de ensayo de compacidad para el agregado global.....	41
Tabla N°10: Granulometría del agregado global.....	42
Tabla N°11: Características físicas del cemento sol tipo I.....	43
Tabla N°12: Diseño de mezcla para 200 litros de agua	46
Tabla N°13: Diseño de mezcla para 205 litros de agua	47
Tabla N°14: Diseño de mezcla para 210 litros de agua	47
Tabla N°15: Agua vs asentamiento.....	47
Tabla N°16: Diseño de mezcla con arena/piedra = 46.2% /53.8%	49
Tabla N°17: Diseño de mezcla con arena/piedra = 49.2% /50.8%	49
Tabla N°18: Diseño de mezcla con arena/piedra = 52.2% /47.8%	49
Tabla N°19: Resultados de ensayo de compresión axial a los 7 días	50
Tabla N°20: Propiedades de agregados usados en el diseño.....	52
Tabla N°21: Diseño de concreto patrón $a/c = 0.50$	55
Tabla N°22: Diseño final del concreto patrón $a/c = 0.50$	55
Tabla N°23: Diseño final del concreto patrón $a/c = 0.60$	56
Tabla N°24: Diseño final del concreto patrón $a/c = 0.70$	56
Tabla N°25: Diseño final del concreto patrón $a/c = 0.80$	56

Tabla N°26: Diseño de concreto con a/c = 0.50 y aditivo al 0.72% del peso del cemento.	57
Tabla N°27: Diseño de concreto con a/c = 0.50 y aditivo al 1.00% del peso del cemento	58
Tabla N°28: Diseño de concreto con a/c = 0.50 y aditivo al 1.18% del peso del cemento	58
Tabla N°29: Diseño de concreto con a/c = 0.60 y aditivo al 0.72% del peso del cemento	59
Tabla N°30: Diseño de concreto con a/c = 0.60 y aditivo al 1.00% del peso del cemento	59
Tabla N°31: Diseño de concreto con a/c = 0.60 y aditivo al 1.18% del peso del cemento	60
Tabla N°32: Diseño de concreto con a/c = 0.70 y aditivo al 0.72% del peso del cemento	60
Tabla N°33: Diseño de concreto con a/c = 0.70 y aditivo al 1.00% del peso del cemento	61
Tabla N°34: Diseño de concreto con a/c = 0.70 y aditivo al 1.18% del peso del cemento	61
Tabla N°35: Diseño de concreto con a/c = 0.80 y aditivo al 0.72% del peso del cemento	62
Tabla N°36: Diseño de concreto con a/c = 0.80 y aditivo al 1.00% del peso del cemento	62
Tabla N°37: Diseño de concreto con a/c = 0.80 y aditivo al 1.18% del peso del cemento	63
Tabla N°38: Resultado de agua reducida para a/c = 0.50.....	63
Tabla N°39: Resultado de agua reducida para a/c = 0.60.....	64
Tabla N°40: Resultado de agua reducida para a/c = 0.70.....	64
Tabla N°41: Resultado de agua reducida para a/c = 0.80.....	65
Tabla N°42: Resultado de ensayos de asentamientos.....	67

Tabla N°43: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón $a/c = 0.50$	68
Tabla N°44: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón $a/c = 0.60$	69
Tabla N°45: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón $a/c = 0.70$	69
Tabla N°46: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón $a/c = 0.80$	70
Tabla N°47 Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón $a/c = 0.50$	72
Tabla N°48: Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón $a/c = 0.60$	73
Tabla N°49: Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón $a/c = 0.70$	74
Tabla N°50: Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón $a/c = 0.80$	74
Tabla N°51: Variación porcentual de la fluidez con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.50$)	76
Tabla N°52: Variación porcentual de la fluidez con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.60$)	77
Tabla N°53: Variación porcentual de la fluidez con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.70$)	78
Tabla N°54: Variación de la fluidez con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.80$)... ..	78
Tabla N°55: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.50$)	80
Tabla N°56: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.60$)	80
Tabla N°57: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.70$)	81

Tabla N°58: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón (a/c = 0.80)	82
Tabla N°59: Variación de la exudación con respecto al concreto patrón (a/c = 0.50)	83
Tabla N°60 Variación de la exudación con respecto al concreto patrón (a/c = 0.60)	84
Tabla N°61: Variación de la exudación con respecto al concreto patrón (a/c = 0.70)	85
Tabla N°62: Variación de la exudación con respecto al concreto patrón (a/c = 0.80)	85
Tabla N°63: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (a/c = 0.50)	87
Tabla N°64: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (a/c = 0.60)	87
Tabla N°65: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (a/c = 0.70)	88
Tabla N°66: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (a/c = 0.80)	89
Tabla N°67: Resultados de resistencia a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días	90
Tabla N°68: Resistencia a la compresión a los 28 días	93
Tabla N°69 Variación de la resistencia respecto a las edades porcentuales.....	94
Tabla N°70: Resistencia a la tracción diametral y su variación porcentual.....	97
Tabla N°71: Variación del módulo elástico.....	99
Tabla N°72: Variación de la resistencia a la flexión.....	101
Tabla N°73: Asentamiento para cada diseño.....	104
Tabla N°74: Peso unitario para cada diseño.....	105
Tabla N°75: Fluidez para cada diseño.....	106
Tabla N°76: Contenido de aire para cada diseño.....	107

Tabla N°77: Exudación para cada diseño.	108
Tabla N°78: Tiempo de fragua inicial y final para cada diseño.	109
Tabla N°79: Variación de la reducción de la cantidad de agua	115
Tabla N°80: Variación de los costos con respecto al concreto patrón	116
Tabla N°81: Variación de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón	117
Tabla N°82 Costo del concreto por cada kg/cm ²	118
Tabla N°83 Cuadro comparativo de investigaciones	119
Tabla N°84 Cuadro elementos de comparación	119
Tabla N°85 Cuadro comparativo de costos y resistencias logradas	120
Tabla N°86 Datos de relación a/c, agua y f'c	121
Tabla N°87 Costo del concreto para la relación a/c = 0.15	123
Tabla N°88 Costo del concreto para la relación a/c = 0.50	123
Tabla N°89 Variación de costos en porcentajes	124

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Granulometría del agregado fino	39
Gráfico N° 2: Granulometría del agregado grueso	40
Gráfico N°3: Ensayo de compacidad del agregado global	41
Gráfico N° 4: Ensayo de compacidad del agregado global	43
Gráfico N° 5 Resultado de agua (Lt) Vs asentamiento (pulg).....	48
Gráfico N° 6: Porcentaje de arena Vs resistencia a la compresión (kg/cm2).....	50
Gráfico N° 7: Porcentaje de arena Vs resistencia a la compresión – P.U.C	51
Gráfico N° 8: Agua reducida por m3 de concreto para la relacion a/c = 0.50.	63
Gráfico N° 9: Agua reducida por m3 de concreto para la relacion a/c = 0.60.	64
Gráfico N°10: Agua reducida por m3 de concreto para la relacion a/c = 0.70. ...	65
Gráfico N°11: Agua reducida por m3 de concreto para la relación a/c = 0.80	65
Gráfico N° 12: Comparación de asentamientos para cada relación a/c.....	67
Gráfico N° 13: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación a/c = 0.50.	68
Gráfico N° 14 Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación a/c = 0.60.	69
Gráfico N° 15: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación a/c = 0.70	70
Gráfico N° 17: Representación del ensayo de peso unitario para a/c = 0.50.....	72
Gráfico N° 18: Representación del ensayo de peso unitario para a/c = 0.60.....	73
Gráfico N° 19: Representación del ensayo de peso unitario para a/c = 0.70.....	74
Gráfico N° 20: Representación del ensayo de peso unitario para a/c = 0.80.....	75
Gráfico N° 21: Representación del ensayo de fluidez para a/c = 0.50.....	76
Gráfico N° 22 Representación del ensayo de fluidez para a/c = 0.60.....	77
Gráfico N° 23: Representación del ensayo de fluidez para a/c = 0.70.....	78

Gráfico N° 24: Representación del ensayo de fluidez para $a/c = 0.80$	79
Gráfico N° 28: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.80$	82
Gráfico N° 29: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.50$	84
Gráfico N° 30 Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.60$	84
Gráfico N°31: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.70$	85
Gráfico N°32: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.80$	86
Gráfico N°34: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.60$	88
Gráfico N°41: Análisis comparativo de las resistencias a la compresión a los 28 días	93
Gráfico N°42: Variación porcentual de la resistencia para la relación $a/c=0.5$	94
Gráfico N°43: Variación porcentual de la resistencia para la relación $a/c=0.6$	95
Gráfico N°44: Variación porcentual de la resistencia para la relación $a/c=0.7$	95
Gráfico N°47: Variación porcentual del módulo elástico.....	100
Gráfico N°48: Variación porcentual de la resistencia a la flexión.....	102
Gráfico N° 49: Peso unitario compactado del agregado global Vs % de arena..	103
Gráfico N°50: Análisis de resistencia a la compresión de la relación $a/c=0.50$	110
Gráfico N°51: Análisis de resistencia a la compresión de la relación $a/c=0.60$	110
Gráfico N°52: Análisis de resistencia a la compresión de la relación $a/c=0.70$	111
Gráfico N°53: Análisis de resistencia a la compresión de la relación $a/c=0.80$	111
Gráfico N°54: Análisis comparativo de los costos respecto al concreto patrón	116

Gráfico N°55: Resumen de costos por cada kg/cm ²	118
Gráfico N°56: Comparación de costos con otras investigaciones	121
Gráfico N°57: Ajuste lineal de las variables a/c y f'c (kg/cm ²).....	122
Gráfico N°58: Ajuste lineal de las variables agua de diseño y f'c (kg/cm ²)	122
Gráfico N°59: Comparación de costos en soles.....	124

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS

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

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El Perú es un país de alta sismicidad y de geografía variada, por lo cual los ingenieros deben construir obras de concreto y diseñar mezclas más convenientes para cada caso.

Siendo el concreto un material de construcción de uso extenso debido a sus múltiples características favorables, es necesario que los profesionales de la construcción conozcan las propiedades de sus componentes para producir un concreto de alta calidad para un determinado proyecto.

Ya que el concreto es un material moldeable en estado fresco, les permite su adecuación a distintas formas. Así como también presenta elevada resistencia a la compresión y gran capacidad de adherencia con otros materiales, como el acero el cual tiene alta resistencia a la tracción, por lo que se convierte en un complemento indispensable para el concreto.

Por las propiedades que tiene el concreto, este se utiliza en diversas construcciones como edificios, puentes, muros, pavimentos, presas, tanques etc.

Por lo tanto, el ingeniero debe estar capacitado para seleccionar los componentes adecuados (cemento, agua, agregado y aditivos) para producir un concreto con la resistencia especificada en un proyecto, así como también debe estar en la capacidad de interpretar los resultados provenientes del laboratorio.

En la presente investigación se diseñará concreto con las siguientes características:

Cemento	: Cemento portland tipo I
Relación agua/cemento	: 0.50, 0.60, 0.70, 0.80.
Agregados	: Piedra (cantera Unicon), arena (cantera Trapiche)
Aditivo	: MasterEase 3900
Dosificación de aditivo	: 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso de cemento
Rango de asentamiento	: 6"-7"

1.2. PROBLEMÁTICA

Uno de los principales problemas en la ingeniería civil es diseñar concretos con alta resistencia a la compresión axial manteniendo a la vez una buena trabajabilidad, asentamiento en el rango de 6" a 7", que faciliten su colocación en estructuras con alta densidad de acero y reducida posibilidad de vibración, es decir, que tenga facilidad de fluir en los encofrados sin segregación.

De acuerdo con Moreno (2017) en su tesis de maestría en construcción "efecto del contenido de agua y adición de superplastificantes (sps) sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión de pastas y morteros hechos a base de cemento híbrido (ch)", menciona que el aditivo reductor de agua de alto rango o superplastificante empezó a usarse en la construcción, debido a la necesidad de reducir las secciones de los elementos portantes en rascacielos, puentes, túneles, etc. Con este aditivo se logró obtener un concreto con una reología óptima para que escurriera como un fluido dentro de las formaletas congestionadas de acero, brindando además resistencias muy por encima de las normales en secciones mínimas.

Uno de los aditivos más utilizados por las empresas de concreto premezclado es el aditivo superplastificante PSP NLS, que de acuerdo a sus especificaciones es a base de resinas de naftaleno, libre de cloruros, de color marrón, que cuando se añade al concreto aumenta significativamente la trabajabilidad, con reducción del agua de mezclado, por lo que es capaz de proporcionar grandes aumentos de resistencias a edades tempranas (Fernandez, Morales, & Soto, 2016).

Varas (2018) en su tesis "Concreto de mediana a baja resistencia con aditivo superplastificante y cemento portland tipo I", donde usó el aditivo Chema Megament 440 y relaciones agua/cemento =0.60, 0.65 y 0.70, con dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso de cemento, mencionó que actualmente hay necesidad de construir estructuras de mayor durabilidad y resistencia; para ello se requiere usar aditivos que contribuyan con estos requerimientos, por la cual se hace indispensable verificar las características que ofrecen estos aditivos en su interacción con el concreto, tanto en calidad como en beneficio.

En el Perú ya se está produciendo aditivos superplastificantes/reductores de agua de alto rango con nuevas tecnologías, pero antes de ser usado en obra se necesita

"Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua"
Bach. Llanos Basurto Marlon Roger

verificar en laboratorio lo indicado en la ficha técnica de dicho aditivo que demuestre su calidad y confiabilidad.

Es necesario que los aditivos cumplan con la NTP 334.088 (Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto), pero no es suficiente, ya que indican valores referenciales; por ello, se debe realizar ensayos en laboratorio para obtener resultados verídicos.

Para la presente investigación se usará el aditivo superplastificante/reductor de agua MasterEase 3900 en concreto de mediana a baja resistencia con relación a/c 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8, utilizando Cemento Portland Tipo I.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Estudiar la influencia del aditivo superplastificante reductor de agua MasterEase 3900 en las propiedades del concreto, de mediana a baja resistencia, preparado con cemento portland tipo I.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades de los agregados.
- Determinar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.
- Analizar los resultados de laboratorio y extraer conclusiones.

1.4. HIPÓTESIS

Con el uso del aditivo superplastificante/reductor de agua se mejorará las propiedades del concreto, en donde se obtendrá un concreto con mayor resistencia inicial y final, buena trabajabilidad, asentamiento de 6" a 7" y un excelente comportamiento reológico.

Un concreto sin aditivo no lograría adquirir al mismo tiempo todas las propiedades mencionadas.

Este aditivo superplastificante/reductor de agua es conveniente usarlo en estructuras con alta densidad de aceros, de difícil acceso y reducida posibilidad de vibración.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. CONCRETO

2.1.1. Definición

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregados fino (arena gruesa), agregado grueso (grava), aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades predeterminadas, principalmente la resistencia.

El cemento reacciona químicamente con el agua uniendo las partículas de los agregados, constituyendo una mezcla heterogénea. En algunas ocasiones se adicionan ciertas sustancias llamados aditivos para mejorar o modificar las propiedades del concreto. (Abanto, 2013)

Concreto = cemento portland+ agregados + aire + agua.

2.1.2. Características

Las características que tiene este importante material, lo cual hace que sea un material de uso universal son:

- Elevada resistencia a fuerzas de compresión.
- Escasa capacidad para soportar fuerzas de estiramiento.
- Elevada resistencia para soportar altas temperaturas
- Impermeabilidad, es decir, la dificultad a la penetración del agua u otro líquido.
- Su consistencia, es decir, el grado de fluidez de la mezcla para que le sea fácil desplazarse dentro del encofrado, sin importar la forma que tenga dicho encofrado.
- El concreto, con el pasar del tiempo presenta deterioros debido a diversos factores, como por ejemplo el medio que lo rodea (calor, humedad, heladas, etc.).
- El concreto es un material de baja resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción, como por ejemplo en tirantes y vigas, pero para superar estas limitaciones del concreto se usa en combinación con el acero (alta resistencia a la tracción), y se obtiene concreto armado.

- Para aprovechar al máximo las propiedades del concreto se debe preparar con supervisión de una persona experimentada quien garantice su control de calidad.

2.1.3. Tipos de concretos

Existe varios tipos de concreto según su aplicación y requerimientos como, Concreto simple, Concreto ciclópeo, Concreto estructural, Concreto armado, Concreto premezclado, Concreto bombeado, Concretos livianos, Concretos pesados., Concretos normales, Concreto prefabricado.

2.2. CEMENTO PORTLAND

2.2.1. Definición

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

2.2.2. Materias primas utilizadas en la elaboración del cemento portland

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla.

Los componentes químicos más importantes que conforman el cemento portland son 4 y estos constituyen más del 90% del peso del cemento y estas son:

- a) Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$). Su fórmula abreviada es C3S
- b) Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$). Su fórmula abreviada es C2S
- c) Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). Su fórmula abreviada es C3A
- d) Aluminio ferrita tricálcica ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Su fórmula abreviada es C4AF

(Abanto, 2013).

2.2.3. Cemento portland usado en la tesis

Los cementos portland se clasifican en cinco tipos y están normalizados en la norma NTP334.009 y la ASTM C-150.

2.2.3.1. Cemento Portland tipo 1

De uso general, destinado a obras de concreto que no estén sujetas al contacto de factores agresivos, como el ataque de sulfatos existentes en el suelo o el agua, o a concretos que tengan un aumento cuestionable de la temperatura debido al calor generado durante la hidratación. Entre sus usos se incluyen: pavimentos, pisos, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para vías férreas, tanques y depósitos, tubería, mampostería y productos otros de concreto reforzado.

2.3. AGREGADOS

2.3.1. Definición

Los agregados son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con esta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie. Se han clasificado en agregado grueso y agregado fino, fijando un valor en tamaño de 4,76 mm a 0,075 mm para el fino o arena y de 4,76 mm en adelante para el grueso. Frecuentemente, la fracción de agregado grueso es subdividida dentro de rangos, tales como, 4,76 mm a 19 mm para la gravilla y de 19 mm a 50 mm para la grava. La selección del tamaño de agregado grueso para un concreto reforzado está en función del tipo de estructura y separación de la armadura (Asocreto, 2010).

2.3.2. Clasificación de los agregados

Los agregados naturales se obtienen de la explotación de depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río), o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Los agregados artificiales son los que se obtienen a partir de procesos industriales, tales como, arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker y limaduras de hierro, entre otros. Siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- a) El agregado fino: Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" (9.5mm) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 o ASTM C-33
- b) El agregado grueso: Es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 o ASTM C-33
- c) El agregado global: Es el material conformado por una mezcla de agregado fino y grueso y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 o ASTM C-33

2.4. ADITIVOS

2.4.1. Definición

La Norma ASTM C-125, define el aditivo como "un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado".

La NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y hacerlo mejor para el fin a que se destine.

Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades NTP, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado.
- Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.

- Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte, y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

2.4.2. Condiciones de empleo

Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las Normas ASTM o NTP correspondientes. Su empleo deberá estar indicado en las especificaciones del proyecto, o en todo caso debe ser aprobado por el supervisor del proyecto.

La norma establece para cada uno de los aditivos requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por el aditivo en las siguientes propiedades del concreto:

- Cantidad de agua
- Tiempo de fragua
- Resistencia a compresión
- Resistencia a flexión
- Deformación por contracción
- Inalterabilidad (durabilidad)

Indicándonos en cada caso valores mínimos esperados según la clasificación o tipo de aditivo que se esté usando.

Para el caso de los aditivos incorporadores de aire este es obligatorio en concretos que, en cualquier etapa de su vida, pueden estar expuestos a temperaturas ambiente menores que 0°C.

En otros casos, el empleo de estos aditivos es opcional ya criterio del especialista.

2.4.3. Clasificación de los aditivos

La Norma ASTM C-494 clasifica a los aditivos como:

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.

- TIPO E: Reductores de agua – acelerantes.
- TIPO F: Reductores de agua de alto rango.
- TIPO G: Reductores de agua de alto rango-acelerantes.

El ACI 212 recomienda clasificar a los aditivos de acuerdo a los efectos de su empleo o a los tipos de materiales constituyentes en los siguientes tipos:

- Acelerantes.
- Incorporadores de aire.
- Reductores de agua y reguladores de fragua.
- Aditivos minerales.
- Generadores de gas.
- Aditivos para inyecciones.
- Productores de expansión
- Ligantes.
- Ayudas para bombeo.
- Colorantes.
- Floculantes.
- Impermeabilizantes.

2.4.4. Aditivos superplastificantes

Son los más modernos de la familia de los aditivos convencionales y con ellos se pueden obtener reducciones de agua entre el 12% y el 30%, esta reducción y la disminución agua/cemento permite obtener concretos con mayores adquisiciones de resistencia a edades tempranas. Usualmente son productos de melamina sulfatada o condensados de naftalina formaldehído.

Producen un concreto de alta fluidez sin reducir la resistencia a la compresión ni aumentar la exudación. La principal ventaja es la mayor consolidación del concreto, aún en elementos estructurales fuertemente armados con vibración mínima por esta razón son ampliamente usados para fundir muros altos y angostos o columnas de gran altura. Al producirse una reducción de agua, mayor que la obtenida con reductores de agua convencionales, se logran resistencias más altas a todas las edades con trabajabilidad dentro de los límites normalmente especificados para compactar con vibración interna.

La norma ASTM C494 subdivide a los superplastificantes en tipo F de fraguado normal y tipo G de fraguado retardado. El tipo F se usa en climas fríos y con cemento tipo I, el tipo G se utiliza en climas cálidos y concretos masivos que requieran alta trabajabilidad.

Los rangos de asentamientos de los aditivos superplastificantes son mayores a 6 pulgadas (Asocreto, 2010).

2.5. AGUA USADO EN EL CONCRETO

Es un ingrediente fundamental en la elaboración de concreto y mortero debido a que desempeña una función importante en estado fresco y endurecido. Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que para usarla en el lavado de agregados (áridos), en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, no solamente su cantidad es importante, sino también su calidad química y física.

CAPITULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

3.1. DEFINICIONES

3.1.1. Análisis granulometría (NTP 400.012)

Es la distribución de tamaños de partículas de los agregados, donde una muestra seca de masa conocida se pasa a través de una serie de tamices normalizados de mayor a menor abertura.

La norma ASTM C-33 o NTP 400.037 establecen los límites granulométricos del agregado fino (tabla N°1) y el agregado grueso (tabla N°2)

Tabla N°1: Límites granulométricos del agregado fino

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

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037

Tabla N°2: Límites granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	0 a 5	...	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	...	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	...	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	0 a 10	0 a 5	...	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	0 a 10	0 a 5	...	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	0 a 15	0 a 5	...	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5	0 a 5
9A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	0 a 5

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.037

3.1.1.1. *Tamaño máximo (NTP 400.037)*

Según la norma técnica peruana, el tamaño máximo es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

3.1.1.2. *Tamaño máximo nominal (NTP 400.037)*

Según la norma técnica peruana, es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

3.1.1.3. *Módulo de finura (ASTM C33)*

Se puede definir como el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas en un agregado, así mismo el módulo de finura pueden considerarse como un tamaño promedio de los agregados.

Cuando el indicador del módulo de finura es bajo quiere decir que el agregado es fino y cuanto mayor sea este indicador más grueso será el agregado. El módulo de finura, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes establecidos en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El módulo de finura de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulados retenidos en la serie de mallas estándar: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 y dividiendo entre 100.

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

3.1.2. *Peso unitario (NTP 400.017)*

Se define como el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. También es denominado peso volumétrico y es empleado en la conversión de cantidades de peso a volumen y viceversa.

El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación. Este puede ser suelto y compactado

3.1.2.1. *Peso unitario suelto (P.U.S)*

- Secar al horno una muestra del agregado por un tiempo aproximadamente 24 horas.
- Llenar el recipiente con la muestra del agregado seco hasta el reboce con un cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo.
- Nivelar la superficie del agregado con una espátula.
- Determinar el peso del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0,05 kg

La capacidad del recipiente estará de conformidad con los límites de la Tabla 3 para el tamaño del agregado a ser ensayado

Tabla N°3: Capacidad de medida del recipiente según TMN

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE MEDIDA DEL RECIPIENTE	
mm	Pulgadas	L (m ³)	p ³
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0,014)	½
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0,070)	2 ½
150,0	6	100,0 (0,100)	3 ½

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.017

El cálculo del peso unitario suelto se realiza con la siguiente formula:

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material suelto}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

3.1.2.2. *Peso unitario compactado (P.U.C)*

- Secar al horno una muestra del agregado por un tiempo aproximadamente 24 horas.
- Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos, luego apisonar la capa de agregado con una varilla dando 25 golpes

distribuido uniformemente sobre la superficie, enseguida llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente realizar el procedimiento anterior, finalmente se llena el recipiente y se nivela con una espátula.

- Para realizar el apisonado se recomienda para la primera capa no golpear el fondo del recipiente, y para la 2da y 3era capa no introducir la varilla a las capas previas del agregado.

El cálculo del peso unitario compactado se realiza con la siguiente formula:

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

3.1.3. Peso específico del agregado fino (NTP 400.022)

El objetivo de este ensayo es determinar el peso específico seco, peso específico de masa saturado superficialmente seco, peso específico aparente y la absorción de agregado fino, con la finalidad de utilizar estos valores en el cálculo y corrección de diseños de mezclas.

3.1.3.1. *Peso específico de masa (Pem)*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

Donde:

P_{em} = Peso específico de masa

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno en gr

V = Volumen del frasco en cm³

V_a = Volumen en cm³ del agua añadida al frasco

3.1.3.2. *Peso específico de masa saturado superficialmente seco (P_{esss})*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta saturarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente, pero sin incluir los poros entre partículas, comparada con la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

$$P_{esss} = \frac{500 \times 100}{V - V_a}$$

3.1.3.3. *Peso específico aparente (P_{ea})*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

$$P_{ea} = \frac{W_o \times 100}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno en gr

3.1.3.4. *Porcentaje de absorción (Ab)*

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, y es expresada como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante un determinado período de tiempo.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

3.1.4. *Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021)*

El objetivo de este ensayo es determinar el peso específico seco, el peso específico saturado superficialmente seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso. El peso específico saturado superficialmente seca

y la absorción están basadas en agregados que previamente fueron remojados en agua aproximadamente por un tiempo de 24 horas.

El peso mínimo de la muestra de ensayo que será usado se presenta en la Tabla N°4.

Tabla N°4: Peso mínimo de la muestra de ensayo

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo – muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112(4 ½)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: Norma técnica peruana NTP 400.021

3.1.4.1. *Peso específico de masa (Pem)*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

$$P_{em} = \frac{A \times 100}{B - C}$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire en gr

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gr

C = Peso en el agua de la muestra saturada

3.1.4.2. *Peso específico saturado superficialmente seco (P_{esss})*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa del agua de los poros llenos hasta saturarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente, pero sin incluir los poros entre partículas, comparada con la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C} \times 100$$

3.1.4.3. *Peso específico aparente (P_{ea})*

Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C} \times 100$$

3.1.4.4. *Porcentaje de absorción (Ab)*

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, y es expresada como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un determinado período de tiempo.

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

3.1.5. *Contenido de humedad (NTP 339.185)*

Es el contenido de agua dentro de un agregado y la norma técnica peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado.

$$P = \frac{(W - D) \times 100}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en %

W = Peso de la muestra húmeda original en gr

D = Peso de la muestra seca en gr

3.1.6. Porcentaje que pasa la malla N°200 (NTP 400.018)

La norma técnica peruana (NTP 400.018) establece el procedimiento para determinar el contenido de polvo, arcilla u otro material que pasa el tamiz N°200 (75 µm) del agregado a usar en la presente tesis. Aquellas partículas que son dispersadas por el agua serán removidas.

$$A = \frac{(P1 - P2) \times 100}{P1}$$

Donde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado N°200 por vía húmeda.

P1 = Peso seco de la muestra original en gr.

P2 = Peso seco de la muestra ensayada en gr.

3.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

3.2.1. Resultados de las propiedades del agregado fino

El resumen de los ensayos realizados en el laboratorio al agregado fino, que será utilizado en la elaboración de concreto en la presente investigación se muestra en la tabla N°5.

Tabla N°5: Resumen de las propiedades físicas del agregado fino

Descripción	Resultados	Unidad
Cantera	Trapiche	
Peso unitario suelto (P.U.S)	1525.43	(Kg/m ³)
Peso unitario compactado (P.U.C)	1706.67	(Kg/m ³)
Peso específico de masa (Pem)	2.42	(g/cm ³)
Peso específico saturado superficialmente seco (Pesss)	2.52	(g/cm ³)
Peso específico aparente (Pea)	2.67	(g/cm ³)
Porcentaje de absorción (Ab)	3.84	%
Contenido de humedad (P)	4.48	%
Porcentaje que pasa la malla N°200	4.97	%
Módulo de finura	3.05	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°6 se observa la granulometría del agregado fino y en el gráfico N°1 se observa la curva granulométrica.

Tabla N°6: Granulometría del agregado fino

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	0.63	0.06%	0.06%	99.94%
N° 8	2.36	128.47	12.85%	12.91%	87.09%
N°16	1.18	255.45	25.54%	38.45%	61.55%
N° 30	0.6	288.60	28.86%	67.31%	32.69%
N° 50	0.3	224.02	22.40%	89.72%	10.28%
N° 100	0.15	72.97	7.30%	97.01%	2.99%
FONDO		29.87	2.99%	100.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

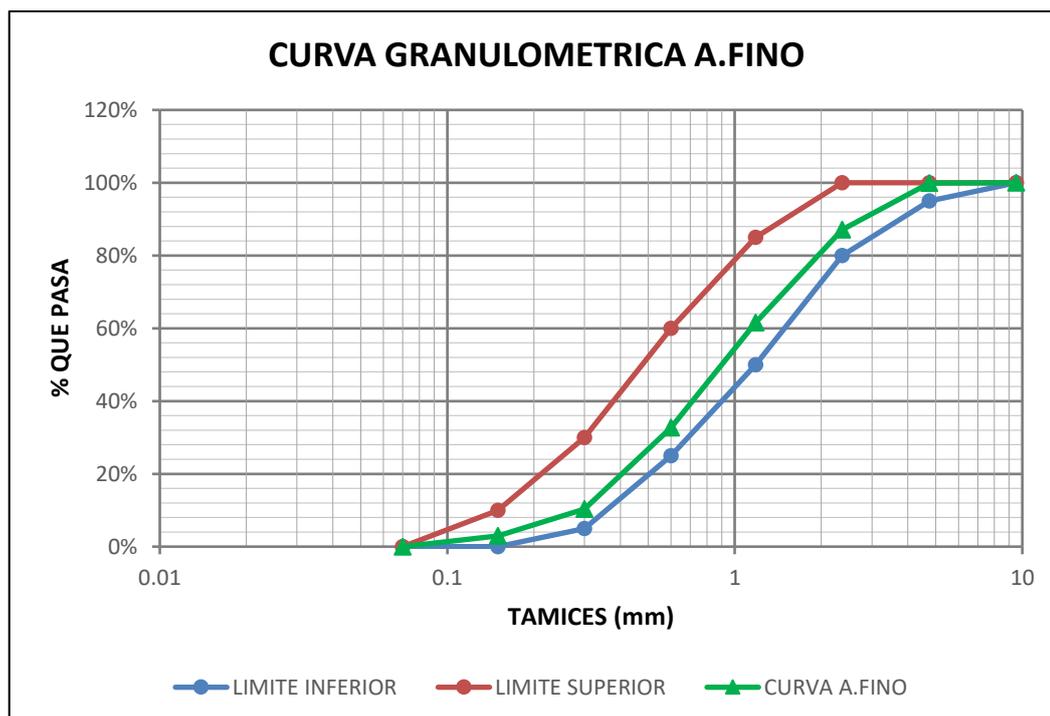


Gráfico N°1: Granulometría del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Resultados de las propiedades del agregado grueso

El resumen de los ensayos realizados en el laboratorio al agregado grueso, que será utilizado en la elaboración de concreto en la presente investigación se muestra en la tabla N°7.

Tabla N°7: Resumen de las propiedades físicas del agregado grueso

Descripción	Resultados	Unidad
Cantera	Unicon	
Peso unitario suelto (P.U.S)	1439.62	(Kg/m3)
Peso unitario compactado (P.U.C)	1578.39	(Kg/m3)
Peso específico de masa (Pem)	2.73	(g/cm3)
Peso específico saturado superficialmente seco (Pesss)	2.75	(g/cm3)
Peso específico aparente (Pea)	2.80	(g/cm3)
Porcentaje de absorción (Ab)	1.02	%
Contenido de humedad (P)	0.53	%
Tamaño máximo	4.97	1 1/2"
Tamaño máximo nominal	4.97	1"
Módulo de finura	7.24	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°8 se observa la granulometría del agregado fino y en el gráfico N°2 se observa la curva granulométrica.

Tabla N°8: Granulometría del agregado grueso

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
1 1/2"	37.50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.00	851.77	8.52%	8.52%	91.48%
3/4"	19.00	2855.27	28.55%	37.07%	62.93%
1/2"	12.50	3625.88	36.26%	73.33%	26.67%
3/8"	9.50	1421.39	14.21%	87.54%	12.46%
N° 4	4.75	1205.20	12.05%	99.60%	0.40%
FONDO		40.49	0.40%	100.00%	0.00%

Fuente: Elaboración propia

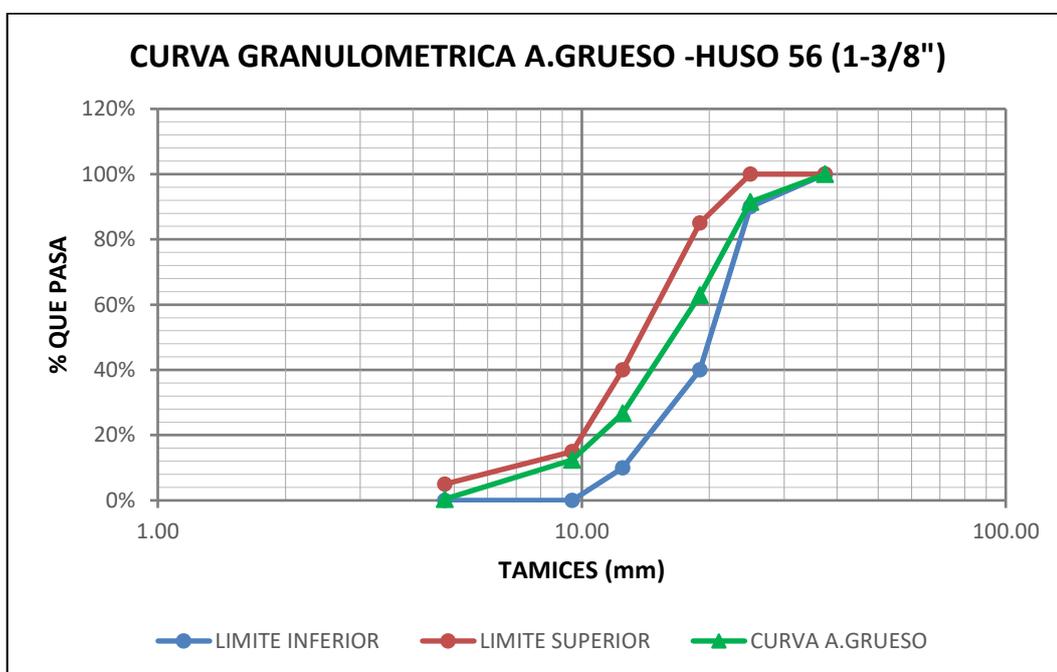


Gráfico N° 2: Granulometría del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

3.3. AGREGADO GLOBAL

Los agregados ocupan en el concreto las 2/3 partes del volumen de este, por ello influyen directamente en su comportamiento. Con dicha premisa es que el método del agregado global busca el mejor porcentaje de participación del agregado fino y grueso, cuya combinación producirá una mezcla de máxima compactad y que se ajusten a los husos granulométricos que establece la NTP 400.037.

Para ello se realizará varias combinaciones de prueba para determinar en forma experimental el mejor porcentaje de participación de los agregados.

3.3.1. Peso unitario compactado

Con este ensayo se encuentra la mejor combinación de agregados que produce mayor compactación, para ello se realiza varias mezclas en distintas proporciones y para cada una de ellas se seguirá el mismo procedimiento realizado en el ensayo de peso unitario compactado de los agregados en forma individual.

Los resultados de las diferentes proporciones se muestran en la tabla N°9.

Tabla N°9: Resultados de ensayo de compactación para el agregado global

%ARENA	%PIEDRA	P.U.C PROMEDIO (Kg/m3)
44	56	1988.35
47	53	2032.31
50	50	2042.37
53	47	1995.76
56	44	1992.06

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°3 se observa la variación del peso unitario compactado en función del porcentaje de participación de la arena, en donde se obtiene una curva en la cual el pico máximo nos indica el máximo P.U.C. y por ende la mejor combinación de agregados.

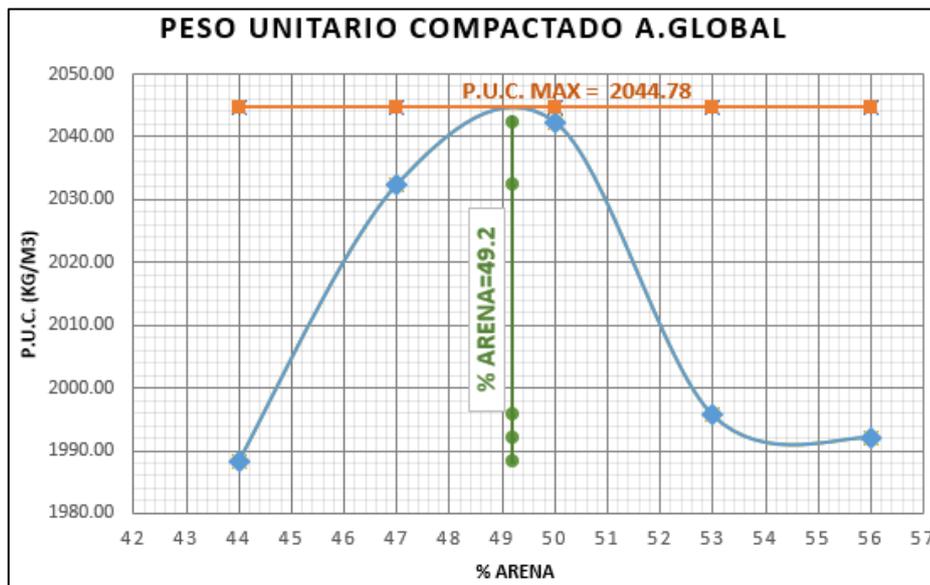


Gráfico N°3: Ensayo de compactación del agregado global

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico se observa:

Agregado fino =	49.2%
Agregado grueso =	50.8%

El máximo valor obtenido en este ensayo es una primera tentativa, ya que esto nos asegura la economía de la mezcla, debido a la menor utilización de material cementante y un concreto de buena calidad. Sin embargo, esta proporción no es el óptimo ya que aún no intervienen los demás componentes del concreto (cemento y agua). La proporción óptima se halla en el capítulo IV, en donde se verificará por resistencia.

3.3.2. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico del agregado global se realiza con los porcentajes obtenidos en el análisis de máximo P.U.C.

Para el análisis del agregado global se usó los límites granulométricos establecidos en la NTP 400 0.37

La granulometría del agregado global se observa en la tabla N°10 y la curva granulométrica en el gráfico N°4:

Tabla N°10: Granulometría del agregado global

tamiz	%Retenido arena	%Retenido piedra	%Retenido. arena 49.2%	%Retenido. piedra 50.8%	%Acumulado global	
					Retenido	Pasa
1 1/2"		0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
1"		8.52%		4.33%	4.33%	95.67%
3/4"		28.55%		14.50%	18.83%	81.17%
1/2"		36.26%		18.42%	37.25%	62.75%
3/8"		14.21%		7.22%	44.47%	55.53%
N° 4	0.06%	12.05%	0.03%	6.12%	50.63%	49.37%
N° 8	12.85%	0.40%	6.32%	0.21%	57.15%	42.85%
N°16	25.54%		12.57%		69.72%	30.28%
N° 30	28.86%		14.20%		83.92%	16.08%
N° 50	22.40%		11.02%		94.94%	5.06%
N° 100	7.30%		3.59%		98.53%	1.47%
FONDO	2.99%		1.47%		100.00%	0.00%
TOTAL	100.00%	100.00%	49.20%	50.80%		

Fuente: Elaboración propia

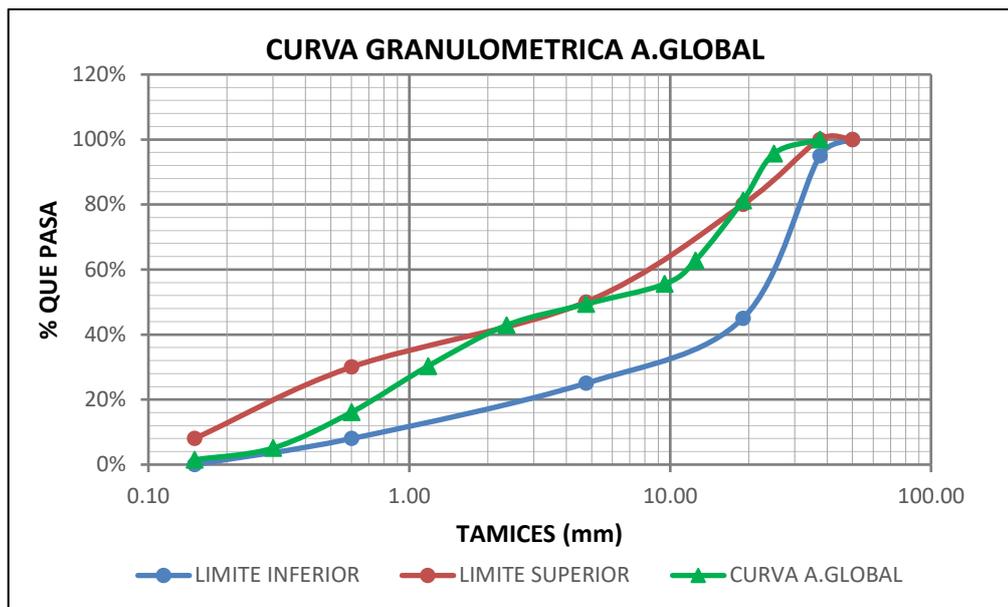


Gráfico N° 4: Ensayo de compacidad del agregado global

Fuente: Elaboración propia

El módulo de finura del agregado global se obtuvo: $MF = 5.18$

3.4. CEMENTO

3.4.1. Cemento usado en la investigación

El cemento usado en la presente investigación es el cemento portland tipo I marca Sol, producido por la fábrica de cemento lima S.A. Este cemento tiene un peso de 42.5 kg y cumple con la NTP 334.009 Y ASTM C-150. Las características físicas del cemento se muestran en la siguiente tabla N°11

Tabla N°11: Características físicas del cemento sol tipo I

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR NUMÉRICO	REQUISITO NTP 334.002 ASTMC-150
Peso específico (g/cm ³)	3.15	---
Fineza Malla 100 (%)	0.04	---
Fineza Malla 200 (%)	4.14	---
Superficie específica blaine (cm ² /g)	3480	mínimo 2800
Contenido de aire (%)	9.99	máximo 12
Expansión autoclave (%)	0.18	máximo 0.8
Fraguado inicial vicat (h:min)	1.49	mínimo 0.45
Fraguado final vicat (h:min)	3.29	máximo 6.15
f'c a 3 días (kg/cm ²)	254	124(12.4 Mpa)
f'c a 7 días (kg/cm ²)	301	193(19.3 Mpa)
f'c a 28 días (kg/cm ²)	357	276(27.6 Mpa)
Calor de hidratación 7 días (cal/g)	70.6	---
Calor de hidratación 28 días (cal/g)	84.3	---

Fuente: Ficha técnica del fabricante. Cemento Lima S.A

3.5. AGUA

3.5.1. Agua usada en la investigación

El agua usada en la presente investigación es el agua potable el cual está libre de sales y sulfatos.

El agua potable se usó en el proceso de mezclado y curado.

3.6. ADITIVO

3.6.1. Aditivo usado en la investigación

En la presente tesis de investigación se usó el aditivo superplastificante/reductor de agua MasterEase 3900, proporcionado por la empresa BASF, el cual posee las siguientes características proporcionado por el fabricante adjuntado en los anexos.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

4.1. DEFINICIÓN

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, es definida como el proceso que, en base a la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económico los requerimientos particulares del proyecto constructivo (Torre, 2004).

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

4.2. DISEÑO Y DOSIFICACIÓN

El diseño y dosificación de concreto depende de los alcances que se desea lograr. Para la presente investigación se desea obtener un concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I, usando un aditivo superplastificante MasterEase 3900.

Luego de obtener los resultados de las propiedades de los agregados, se procede a realizar los siguientes diseños:

- Concreto patrón con las relaciones agua/cemento igual a 0.50, 0.60, 0.70 y 0.80
- Concreto patrón más aditivo en proporciones de 0.72%, 1.00% y 1.18% respecto al peso del cemento, para cada relación de agua/cemento.

En resumen, se tendría 16 diseños (4 diseños de concreto patrón y 12 diseños de concreto con aditivo).

4.3. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO

Para la presente tesis de investigación se usó el método del agregado global.

4.4. DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN

En esta tesis de investigación se busca optimizar los agregados y en particular el cemento por ser el componente del concreto que más incrementa el costo.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- En primer lugar, nos enfocaremos en encontrar el agua para el concreto patrón.
- En segundo lugar, encontraremos los porcentajes de participación óptimos de los agregados.
- Con los datos encontrados procedemos a dosificar el concreto patrón.

4.4.1 Método para la obtención del agua

La cantidad de agua para el diseño de concreto patrón se realiza por un procedimiento experimental en el laboratorio con el objetivo de obtener un concreto con asentamiento de 6" a 7" y así asegurar la trabajabilidad de este. En este caso hallaremos para la relación promedio $a/c = 0.70$. Para conseguir el agua de diseño se probará con 3 cantidades de agua, con la condición de que el asentamiento este en el rango de 6" a 7". A continuación, se muestran los diseños en las tablas N°12, N°13 y N°14 y los asentamientos en la tabla N°15.

Tabla N°12: Diseño de mezcla para 200 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO				DISEÑO EN OBRA		DISEÑO LAB. (30 Kg)
	D.S (kg)	P.E (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S	D.O (kg)	D.U.O	
Cemento	285.71	3150	0.091	1.00	285.71	1.00	3.70
Agua	200.00	1000	0.200	0.70	199.43	0.70	2.58
Arena	826.66	2420	0.342	2.89	863.69	3.02	11.18
Piedra	962.88	2730	0.353	3.37	967.98	3.39	12.53
Aire A.	0.015		0.015				
		suma	1.00		2316.82	8.11	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°13: Diseño de mezcla para 205 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO				DISEÑO EN OBRA		DISEÑO LAB. (30 Kg)
	D.S (kg)	P.E (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S	D.O (kg)	D.U.O	
Cemento	292.86	3150	0.093	1.00	292.86	1.00	3.80
Agua	205.00	1000	0.205	0.70	204.43	0.70	2.66
Arena	818.00	2420	0.338	2.79	854.65	2.92	11.10
Piedra	952.80	2730	0.349	3.25	957.85	3.27	12.44
Aire A.	0.015		0.015				
		suma	1.00		2309.79	7.89	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°14: Diseño de mezcla para 210 litros de agua

MATERIAL	DISEÑO SECO				DISEÑO EN OBRA		DISEÑO LAB. (30 Kg)
	D.S (kg)	P.E (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S	D.O (kg)	D.U.O	
Cemento	300.00	3150	0.095	1.00	300.00	1.00	3.91
Agua	210.00	1000	0.210	0.70	209.44	0.70	2.73
Arena	809.35	2420	0.334	2.70	845.61	2.82	11.02
Piedra	942.72	2730	0.345	3.14	947.72	3.16	12.35
Aire A.	0.015		0.015				
		suma	1.00		2302.77	7.68	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°15: Agua vs asentamiento

a/c = 0.70	
agua lt/m ³	asentamiento pulg
200	4.3
205	5.4
210	7.2

Fuente: Elaboración propia

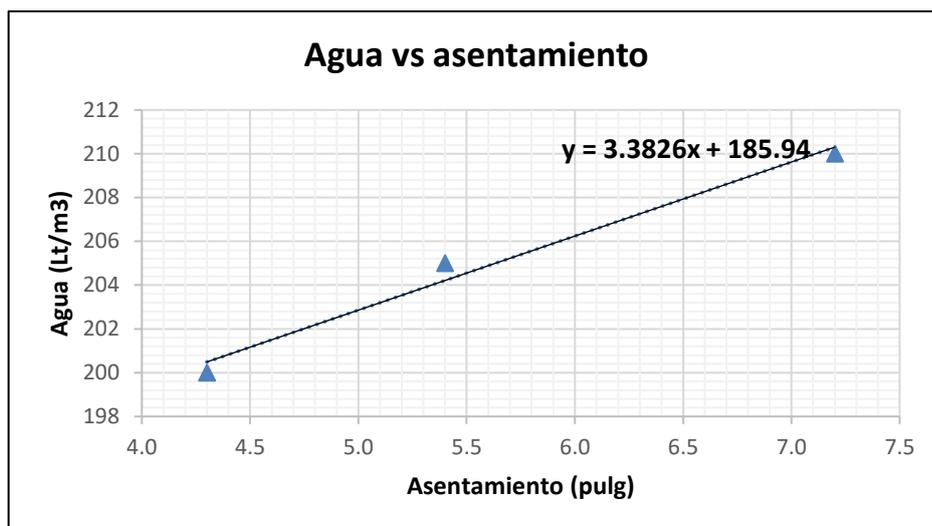


Gráfico N°5 Resultado de agua (Lt) Vs asentamiento (pulg)

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico se deduce que para un asentamiento de 6.5”

El agua patrón es : 208 litros

4.4.2 Determinación de la relación arena/piedra por resistencia

En el capítulo III se obtuvo el porcentaje de participación del agregado fino y grueso por el máximo peso unitario compactado del agregado global, sin embargo, eso fue una primera tentativa ya que no intervinieron los demás componentes del concreto, por ende, en este capítulo se modificará y verificará dichos porcentajes para así obtener los porcentajes de participación óptimas de los agregados para lo cual realizaremos ensayos de compresión axial a las muestras endurecidas de concreto.

Se realizará el siguiente procedimiento:

- Se realiza 3 diseños de mezclas de pruebas para la relación agua/cemento = 0.70 manteniendo constante la cantidad de agua patrón que se obtuvo previamente y variando los porcentajes de agregados en $\pm 3\%$ con respecto a los valores hallados anteriormente.
- Las muestras se retiran de sus moldes en un tiempo no menor a 24 horas.
- Se realiza el curado de la muestra por inmersión en agua por un tiempo de 7 días.

- Después de ese tiempo se retiran de la poza y se realiza el ensayo de compresión axial.

Los diseños de pruebas con su respectiva variación de $\pm 3\%$ de agregado de máximo P.U.C. se muestran en las tablas N°16, N°17 y N°18 y los resultados de ensayo de compresión axial en la tabla N°19.

Tabla N°16: Diseño de mezcla con arena/piedra = 46.2% /53.8%

a/c = 0.70 y arena = 46.2%							
	P.S	P.e (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S	D.O	D.U.O	LAB. (Kg)
Cemento	297.14	3150	0.094	1.00	297.14	1.00	3.86
Agua	208.00	1000	0.208	0.70	208.03	0.70	2.70
Arena	763.25	2420	0.315	2.57	797.44	2.68	10.35
Piedra	1002.66	2730	0.367	3.37	1007.98	3.39	13.09
Aire A.	0.015		0.015				
		suma	1.00		2310.59	7.78	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17: Diseño de mezcla con arena/piedra = 49.2% /50.8%

a/c = 0.70 y arena = 49.2%							
	P.S	P.e (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S	D.O	D.U.O	LAB. (Kg)
Cemento	297.14	3150	0.094	1.00	297.14	1.00	3.87
Agua	208.00	1000	0.208	0.70	207.44	0.70	2.70
Arena	812.81	2420	0.336	2.74	849.23	2.86	11.05
Piedra	946.75	2730	0.347	3.19	951.77	3.20	12.38
Aire A.	0.015		0.015				
		suma	1.00		2305.58	7.76	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°18: Diseño de mezcla con arena/piedra = 52.2% /47.8%

a/c = 0.70 y arena = 52.2%							
	P.S	P.e (kg/m ³)	Vol. Abs	D.U.S	D.O	D.U.O	LAB. (Kg)
Cemento	297.14	3150	0.094	1.00	297.14	1.00	3.87
Agua	208.00	1000	0.208	0.70	206.85	0.70	2.70
Arena	862.37	2420	0.356	2.90	901.01	3.03	11.75
Piedra	890.84	2730	0.326	3.00	895.56	3.01	11.68
Aire A.	0.015		0.015				
		suma	1.00		2300.56	7.74	30.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°19: Resultados de ensayo de compresión axial a los 7 días

Agregados		Resistencia kg/cm ²	
% Arena	% Piedra	f'c	Promedio
46.2	53.8	129.1	129.7
		138.8	
		121.3	
49.2	50.8	167.1	177.2
		167.5	
		197.1	
52.2	47.8	158.4	156.2
		144.6	
		165.5	

Fuente: Elaboración propia

Ahora representaremos gráficamente los resultados de ensayos de compresión axial a los 7 días, lo cual se muestra en la gráfica N°6.

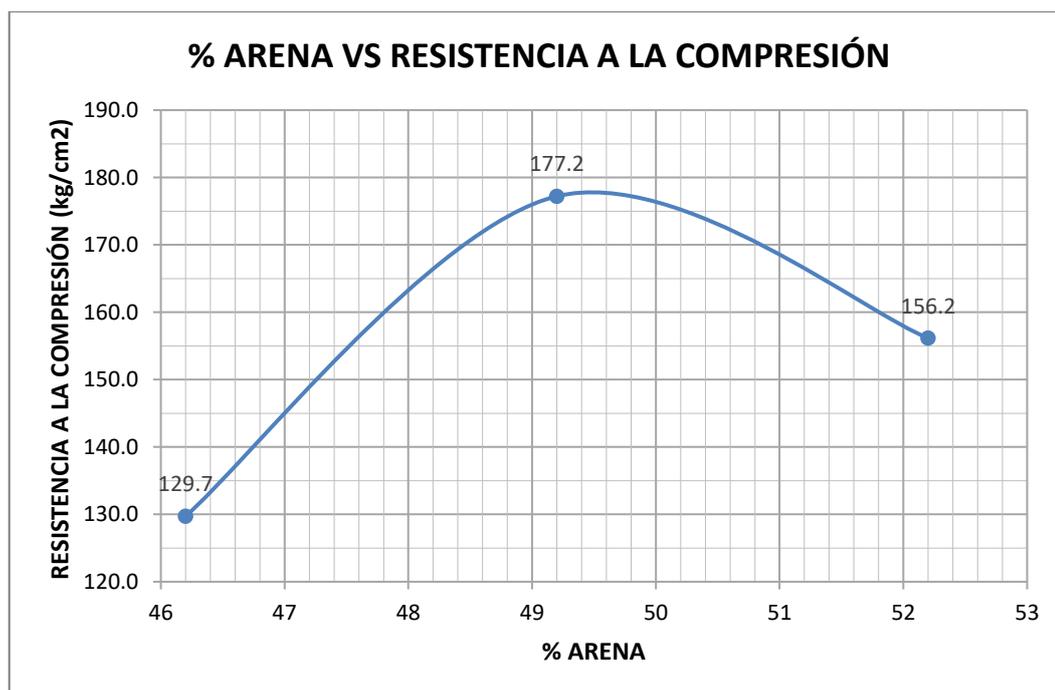


Gráfico N° 6: Porcentaje de arena Vs resistencia a la compresión (kg/cm²)

Fuente: Elaboración propia

Ahora se procederá a comparar esta gráfica con la gráfica del máximo P.U.C. del agregado global para obtener el porcentaje de participación óptimo de los agregados, ver grafica N°7.

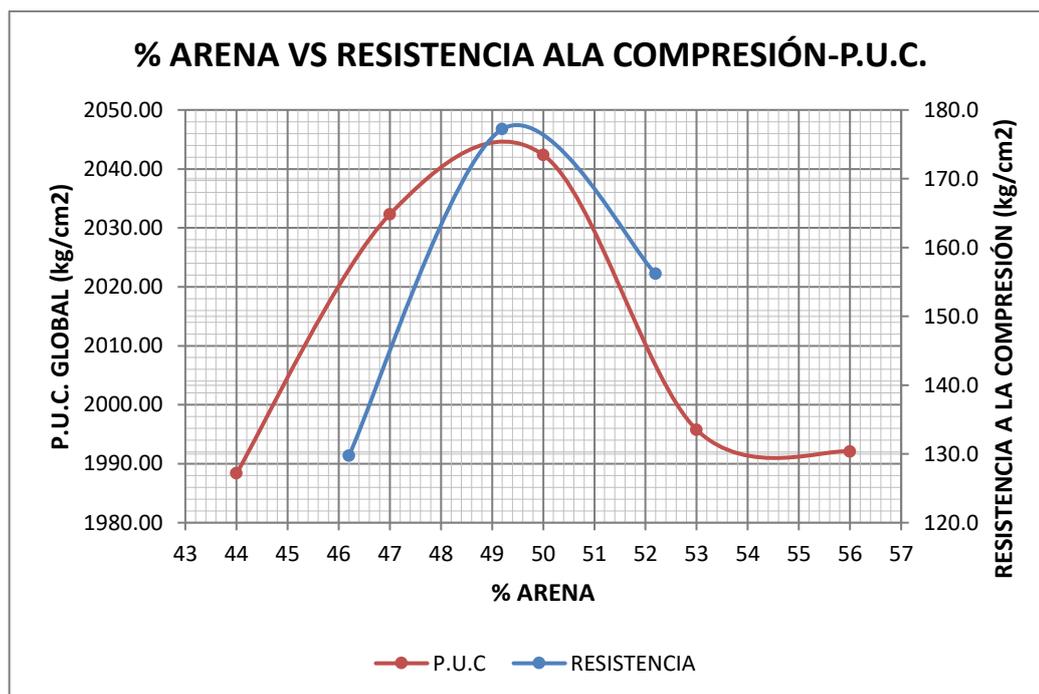


Gráfico N° 7: Porcentaje de arena Vs resistencia a la compresión – P.U.C

Fuente: Elaboración propia

De la superposición de gráficos se observa que para obtener la mejor combinación de agregados tomando en cuenta una buena resistencia a la compresión, los valores del porcentaje de agregado fino y grueso son:

% agregado fino	49.50
% agregado grueso	50.50

4.4.3 Dosificación del concreto patrón

Con las propiedades y cantidades óptimas hallados de los agregados y manteniendo constante el agua patrón, procedemos a dosificar el concreto patrón para las relaciones $a/c = 0.50, 0.60, 0.70$ y 0.80 , manteniendo los asentamientos en el rango de 6" a 7".

Se consideró el aire atrapado de 1.5% para un tamaño máximo nominal de 1", según la tabla del ACI.

4.4.3.1. Concreto patrón con $a/c = 0.50$

A continuación, se detallará el procedimiento de diseño para el concreto patrón $a/c = 0.50$, donde se usará las propiedades de los agregados mostrados en la tabla N°20.

Tabla N°20: Propiedades de agregados usados en el diseño

	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento
% participación	49.5	50.5	
P.e (g/cm ³)	2.42	2.73	3.15
%H	4.48	0.53	
%Abs	3.84	1.02	

Fuente: Elaboración propia

Agua patrón = 223 lt/m³

$$\frac{a}{c} = 0.50 = \frac{223}{\text{cemento}}$$

$$\text{Cemento} = 446 \text{ kg}$$

a) Volumen absoluto

$$\text{Cemento} = \frac{446 \text{ kg}}{P.E} = \frac{446 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0.142 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{223 \text{ kg}}{P.E} = \frac{223 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.223 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento} + \text{agua} + \text{agregados} + \text{aire} = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregados} = 1 - 0.142 - 0.223 - 0.015 = 0.620 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = 49.50\% * 0.620 = 0.307 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedra} = 50.50\% * 0.620 = 0.313 \text{ m}^3$$

b) Diseño seco

$$\text{Cemento} = 446.00 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 223.00 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = P.E * V_{\text{arena}} = 2420 \text{ kg/m}^3 * 0.307 \text{ m}^3 = 743.19 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = P.E * V_{\text{piedra}} = 2730 \text{ kg/m}^3 * 0.313 \text{ m}^3 = 855.33 \text{ kg}$$

c) Diseño unitario seco (D.U.S.)

$$\text{Cemento} = \frac{446.00 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 1.00$$

$$\text{Agua} = \frac{223.00 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 0.50$$

$$\text{Arena} = \frac{743.19 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 1.67$$

$$\text{Piedra} = \frac{855.33 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 1.92$$

d) Diseño en obra

También es conocido como diseño húmedo, ya que se corregirá la cantidad de agua en el diseño debido a los porcentajes de absorción y humedad de los agregados y también se corregirá por humedad la cantidad de agregado fino y grueso.

$$\text{Cemento} = 446.00 \text{ kg}$$

- Agua libre en el agregado fino

$$\frac{(\% \text{humedad} - \% \text{absorción}) * P_{\text{arena}}}{100} = \frac{(4.48 - 3.84) * 743.19}{100} \\ = 4.75 \text{ lt}$$

- Agua libre en el agregado grueso

$$\frac{(\% \text{humedad} - \% \text{absorción}) * P_{\text{piedra}}}{100} = \frac{(0.53 - 1.02) * 855.33}{100} \\ = -4.19 \text{ lt}$$

$$\text{Agua añadida} = 4.75 - 4.19 = +0.59 \text{ lt}$$

El signo más indica que existe agua libre en el agregado, por lo que, le sobra 0.59 lt, por ende, la corrección final se realiza sumando al agua patrón dicho volumen.

$$\text{Agua de diseño húmedo} = 223 - 0.59 = 222.41 \text{ lt}$$

- *Peso húmedo del agregado fino*

$$\left(1 + \frac{\%humedad}{100}\right) * P_{arena} = \left(1 + \frac{4.48}{100}\right) * 743.19 = 776.48 \text{ kg}$$

- *Peso húmedo del agregado grueso*

$$\left(1 + \frac{\%humedad}{100}\right) * P_{piedra} = \left(1 + \frac{0.53}{100}\right) * 855.33 = 859.86 \text{ kg}$$

e) Diseño unitario en obra (D.U.O.)

$$Cemento = \frac{446.00 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 1.00$$

$$Agua = \frac{222.41 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 0.50$$

$$Arena = \frac{776.48 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 1.74$$

$$Piedra = \frac{859.83 \text{ kg}}{446.00 \text{ kg}} = 1.93$$

f) Diseño para laboratorio

$$\sum D.U.O. = 1.00 + 0.50 + 1.74 + 1.93 = 5.17$$

Se usará una tanda de 80 kg para los diseños en laboratorio.

Ahora se hallará el factor “F” por el cual se multiplicará al diseño unitario en obra para obtener los pesos que se usaran en laboratorio.

$$F = \frac{80 \text{ kg}}{5.17} = 15.47$$

Los pesos en laboratorio son:

$$Cemento = (D.U.O. cemento) * 15.47 = 1.00 * 15.47 = 15.47 \text{ kg}$$

$$Agua = (D.U.O. agua) * 15.47 = 0.50 * 15.47 = 7.72 \text{ kg}$$

$$Arena = (D.U.O. arena) * 15.47 = 1.74 * 15.47 = 26.95 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = (\text{D.U.O. piedra}) * 15.47 = 1.93 * 15.47 = 29.85 \text{ kg}$$

Los cálculos realizados se muestran en la siguiente tabla N°21

Tabla N°21: Diseño de concreto patrón a/c = 0.50

a/c = 0.50							
MATERIAL	DISEÑO SECO				DISEÑO EN OBRA		DISEÑO LAB. (80 Kg)
	D.S (kg)	P.E (kg/m ³)	Vol. Abs m ³	D.U.S	D.O (kg)	D.U.O	
Cemento	446.00	3150	0.142	1.78	446.00	1.00	15.48
Agua	223.00	1000	0.223	0.89	222.43	0.50	7.72
Arena	743.19	2420	0.307	2.97	776.49	1.74	26.95
Piedra	855.33	2730	0.313	3.42	859.87	1.93	29.85
Aire A.			0.015				
		suma	1.00		2304.79	5.17	80.00

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.0 pulg
----------------	----------

Siguiendo el mismo procedimiento se obtiene los diseños para las otras relaciones (a/c = 0.60, 0.70 y 0.80), los cuales se detallarán en los anexos.

En la tabla N°22 se muestra el resumen del diseño final del concreto patrón para a/c = 0.50 con el asentamiento obtenido.

Tabla N°22: Diseño final del concreto patrón a/c = 0.50

a/c = 0.50		
MATERIAL	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	446.00	446.00
Agua	223.00	222.43
Arena	743.19	776.49
Piedra	855.33	859.87
Asentamiento =		6 pulg

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.2. Concreto patrón con a/c = 0.60

En la tabla N°23 se muestra el resumen del diseño final del concreto patrón para a/c = 0.60 con el asentamiento obtenido.

Tabla N°23: Diseño final del concreto patrón a/c = 0.60

a/c = 0.60		
MATERIAL	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	356.67	356.67
Agua	214.00	213.40
Arena	787.95	823.25
Piedra	906.84	911.64
Asentamiento =		6.2 pulg

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.3. Concreto patrón con a/c =0.70

En la tabla N°24 se muestra el resumen del diseño final del concreto patrón para a/c = 0.70 con el asentamiento obtenido.

Tabla N°24: Diseño final del concreto patrón a/c = 0.70

a/c = 0.70		
MATERIAL	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	292.86	292.86
Agua	205.00	204.37
Arena	822.99	859.86
Piedra	947.17	952.19
Asentamiento =		6.1

Fuente: Elaboración propia

4.4.3.4. Concreto patrón con a/c =0.80

En la tabla N°25 se muestra el resumen del diseño final del concreto patrón para a/c = 0.80 con el asentamiento obtenido.

Tabla N°25: Diseño final del concreto patrón a/c = 0.80

a/c = 0.80		
MATERIAL	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	250.00	250.00
Agua	200.00	199.36
Arena	845.28	883.15
Piedra	972.82	977.98
Asentamiento =		6.5 pulg

Fuente: Elaboración propia

4.5 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON DIFERENTES DOSIFICACIONES DE ADITIVO

Para diseñar concreto con aditivo usaremos los porcentajes recomendados en la ficha técnica del aditivo MasterEase 3900, los cuales son 0.72%, 1.00% y 1.18% respecto al peso del cemento, con los cuales lograra reducir la cantidad de agua respecto del diseño patrón.

Se realizará ensayos de asentamiento en el laboratorio manteniendo este en el rango de 6" a 7". Prosiguiendo con el diseño que se detalló en la sección anterior para la relación a/c = 0.50, al cual se añadirá aditivo al 0.72% del peso del cemento.

4.5.1 Dosificación de a/c = 0.50 con aditivo

4.5.1.1. a/c = 0.50 y aditivo 0.72% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 0.72% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°26.

$$\frac{a}{c} = 0.50 = \frac{223}{\text{cemento}}$$

$$\text{Cemento} = 446.00 \text{ kg}$$

Densidad del aditivo = 1.1 kg/lt

$$P_{\text{aditivo}} = 0.72\% * P_{\text{cemento}} = 0.72\% * 446.00 \text{ kg} = 3.21 \text{ kg}$$

$$V_{\text{aditivo}} = \frac{P_{\text{aditivo}}}{D_{\text{aditivo}}} = \frac{3.21 \text{ kg}}{1.1 \text{ kg/lt}} = 0.0029 \text{ m}^3$$

Tabla N°26: Diseño de concreto con a/c = 0.50 y aditivo al 0.72% del peso del cemento.

a/c = 0.50		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	446.000	446.000
Agua	180.000	200.398
Arena	791.205	807.108
Piedra	910.589	913.958
Aditivo	3.211	3.211

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.6 pulg	
reducción de agua	43.00	lt/m3
	19.28%	

4.5.1.2. $a/c = 0.50$ y aditivo 1.00% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.00% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°27.

Tabla N°27: Diseño de concreto con $a/c = 0.50$ y aditivo al 1.00% del peso del cemento

$a/c = 0.50$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	446.000	446.000
Agua	152.000	173.228
Arena	823.386	839.936
Piedra	947.626	951.133
Aditivo	4.460	4.460

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.8 pulg	
reducción de agua	71.00	lt/m3
	31.84%	

4.5.1.3. $a/c = 0.50$ y aditivo 1.18% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.18% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°28.

Tabla N°28: Diseño de concreto con $a/c = 0.50$ y aditivo al 1.18% del peso del cemento

$a/c = 0.50$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	446.000	446.000
Agua	144.000	165.452
Arena	832.095	848.820
Piedra	957.649	961.193
Aditivo	5.263	5.263

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	7.0 pulg	
reducción de agua	79.00	lt/m3
	35.43%	

4.5.2 Dosificación de $a/c = 0.60$ con aditivo

4.5.2.1 $a/c = 0.60$ y aditivo 0.72% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 0.72% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°29.

Tabla N°29: Diseño de concreto con $a/c = 0.60$ y aditivo al 0.72% del peso del cemento

$a/c = 0.60$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	356.667	356.667
Agua	162.000	183.848
Arena	847.440	864.473
Piedra	975.309	978.918
Aditivo	2.568	2.568

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.3 pulg	
reducción de agua	52.00	lt/m ³
	24.30%	

4.5.2.2 $a/c = 0.60$ y aditivo 1.00% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.00% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°30.

Tabla N°30: Diseño de concreto con $a/c = 0.60$ y aditivo al 1.00% del peso del cemento

$a/c = 0.60$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	356.667	356.667
Agua	141.000	163.403
Arena	868.984	886.450
Piedra	1000.104	1003.804
Aditivo	5.885	5.885

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.7 pulg	
reducción de agua	73.00	lt/m ³
	34.11%	

4.5.2.3 $a/c = 0.60$ y aditivo 1.18% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.18% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°31.

Tabla N°31: Diseño de concreto con $a/c = 0.60$ y aditivo al 1.18% del peso del cemento

$a/c = 0.60$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	356.667	356.667
Agua	127.000	149.882
Arena	887.580	905.420
Piedra	1021.506	1025.285
Aditivo	4.209	4.209

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.2 pulg	
reducción de agua	87.00	lt/m ³
	40.65%	

4.5.3 Dosificación de $a/c = 0.70$ con aditivo

4.5.3.1 $a/c = 0.70$ y aditivo 0.72% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 0.72% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°32.

Tabla N°32: Diseño de concreto con $a/c = 0.70$ y aditivo al 0.72% del peso del cemento

$a/c = 0.70$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	292.857	292.857
Agua	152.000	174.795
Arena	884.185	901.957
Piedra	1017.599	1021.364
Aditivo	2.109	2.109

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.5 pulg	
reducción de agua	53.00	lt/m ³
	25.85%	

4.5.3.2 $a/c = 0.70$ y aditivo 1.00% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.00% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°33.

Tabla N°33: Diseño de concreto con $a/c = 0.70$ y aditivo al 1.00% del peso del cemento

$a/c = 0.70$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	292.857	292.857
Agua	148.500	171.380
Arena	887.485	905.323
Piedra	1021.396	1025.176
Aditivo	2.109	2.109

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.8 pulg	
reducción de agua	56.50	lt/m ³
	27.56%	

4.5.3.3 $a/c = 0.70$ y aditivo 1.18% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.18% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°34.

Tabla N°34: Diseño de concreto con $a/c = 0.70$ y aditivo al 1.18% del peso del cemento

$a/c = 0.70$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	292.857	292.857
Agua	125.000	148.591
Arena	915.061	933.454
Piedra	1053.134	1057.031
Aditivo	3.456	3.456

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.2 pulg	
reducción de agua	80.00	lt/m ³
	39.02%	

4.5.4 Dosificación de $a/c = 0.80$ con aditivo

4.5.4.1 $a/c = 0.80$ y aditivo 0.72% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 0.72% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°35.

Tabla N°35: Diseño de concreto con $a/c = 0.80$ y aditivo al 0.72% del peso del cemento

$a/c = 0.80$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	250.000	250.000
Agua	161.000	183.946
Arena	890.038	907.928
Piedra	1024.335	1028.125
Aditivo	1.800	1.800

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.6 pulg	
reducción de agua	39.00	lt/m ³
	19.50%	

4.5.4.2 $a/c = 0.80$ y aditivo 1.00% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.00% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°36.

Tabla N°36: Diseño de concreto con $a/c = 0.80$ y aditivo al 1.00% del peso del cemento

$a/c = 0.80$		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	250.000	250.000
Agua	148.000	171.328
Arena	904.848	923.036
Piedra	1041.380	1045.233
Aditivo	2.500	2.500

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.4 pulg	
reducción de agua	48.00	lt/m ³
	31.00%	

4.5.4.3 $a/c = 0.80$ y aditivo 1.18% del peso de cemento

Se calculó el volumen de aditivo al 1.18% del peso de cemento, con el cual se realizó el diseño mostrado en la tabla N°37.

Tabla N°37: Diseño de concreto con a/c = 0.80 y aditivo al 1.18% del peso del cemento

a/c = 0.80		
Material	Diseño seco (kg)	Diseño en obra (kg)
Cemento	250.000	250.000
Agua	123.000	147.087
Arena	934.306	953.085
Piedra	1075.282	1079.261
Aditivo	2.950	2.950

Fuente: Elaboración propia

Asentamiento =	6.7 pulg	
reducción de agua	77.00	lt/m3
	38.50%	

4.6 RESULTADO DEL AGUA REDUCIDA EN CADA DISEÑO

Las comparaciones para la relación a/c=0.50 están en la tabla N°38 y gráfico N°8.

Tabla N°38: Resultado de agua reducida para a/c = 0.50

a/c = 0.50		
Concreto	Agua reducida	Agua reducida
	(lt)	(%)
Concreto patrón	0.00	0.00%
C.aditivo 0.72%	43.00	19.28%
C.aditivo 1.00%	71.00	31.84%
C.aditivo 1.18%	79.00	35.43%

Fuente: Elaboración propia

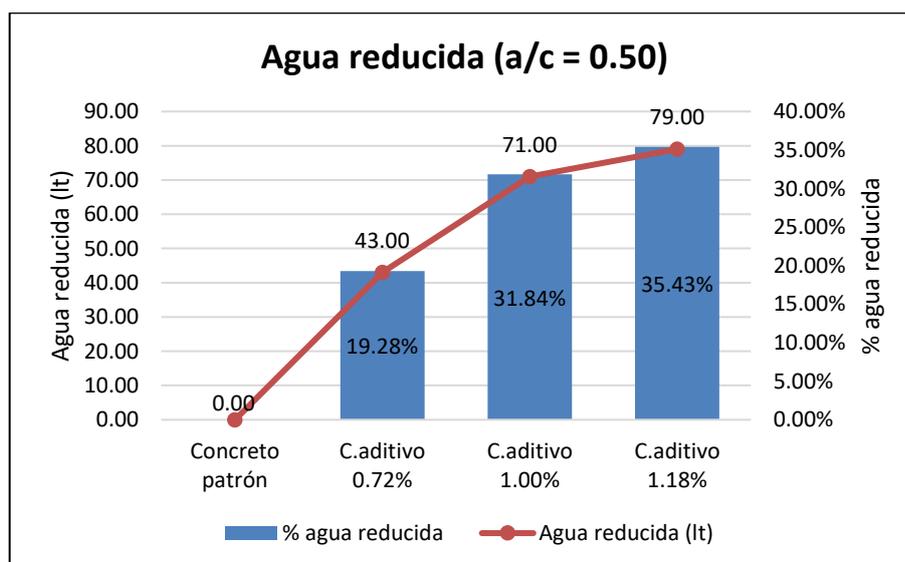


Gráfico N° 8: Agua reducida por m3 de concreto para la relación a/c = 0.50.

Fuente: Elaboración propia

Las comparaciones para la relación $a/c = 0.60$, se muestran en la tabla N°39 y gráfico N°9.

Tabla N°39: Resultado de agua reducida para $a/c = 0.60$

$a/c = 0.60$		
Concreto	Agua reducida	Agua reducida
	(lt)	(%)
Concreto patrón	0.00	0.00%
C.aditivo 0.72%	52.00	24.30%
C.aditivo 1.00%	70.50	32.94%
C.aditivo 1.18%	87.00	40.65%

Fuente: Elaboración propia

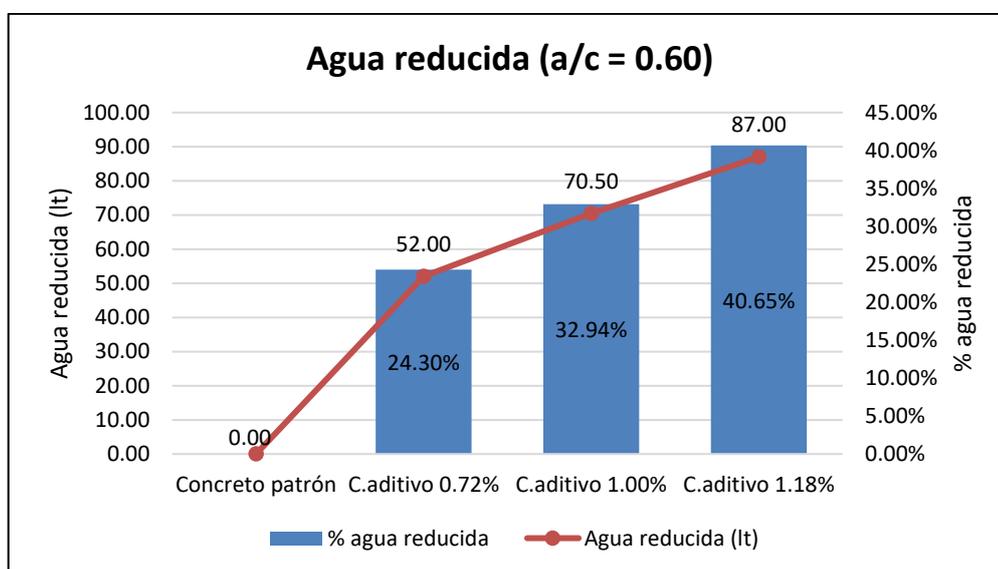


Gráfico N° 9: Agua reducida por m³ de concreto para la relación $a/c = 0.60$.

Fuente: Elaboración propia

Las comparaciones para la relación $a/c = 0.70$, se muestran en la tabla N°40 y gráfico N°10.

Tabla N°40: Resultado de agua reducida para $a/c = 0.70$

$a/c = 0.70$		
Concreto	Agua reducida	Agua reducida
	(lt)	(%)
Concreto patrón	0.00	0.00%
C.aditivo 0.72%	53.00	25.85%
C.aditivo 1.00%	56.50	27.56%
C.aditivo 1.18%	80.00	39.02%

Fuente: Elaboración propia

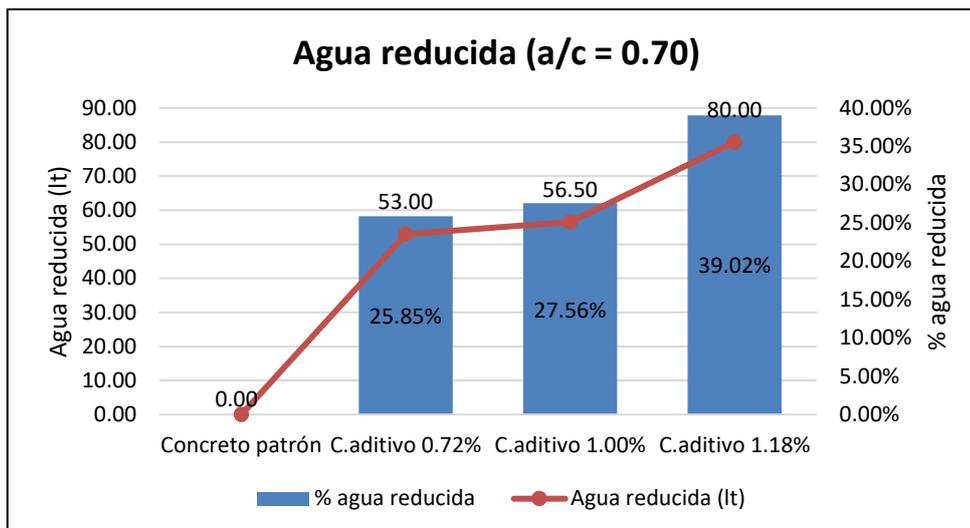


Gráfico N°10: Agua reducida por m3 de concreto para la relacion a/c = 0.70.

Fuente: Elaboración propia

Las comparaciones para la relación a/c = 080, se muestran en la tabla N°41 y gráfico N°11.

Tabla N°41: Resultado de agua reducida para a/c = 0.80

a/c = 0.80		
Concreto	Agua reducida	Agua reducida
	(lt)	(%)
Concreto patrón	0.00	0.00%
C.aditivo 0.72%	39.00	19.50%
C.aditivo 1.00%	52.00	26.00%
C.aditivo 1.18%	64.50	32.25%

Fuente: Elaboración propia

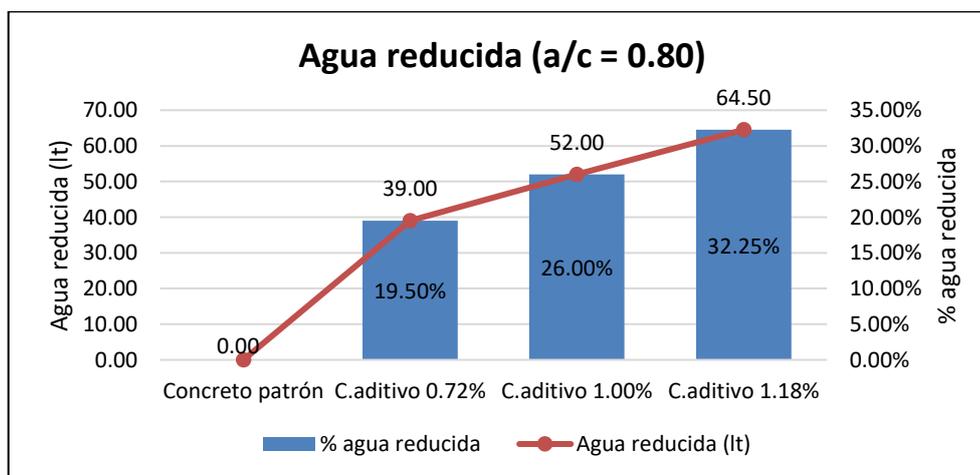


Gráfico N°11: Agua reducida por m3 de concreto para la relación a/c = 0.80

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: ENSAYOS

5.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Los diferentes ensayos que se realizarán al concreto en estado fresco tienen la finalidad de verificar el control de calidad de este.

Los ensayos realizados a la mezcla de concreto en estado fresco son las siguientes. Asentamiento, Peso unitario, Fluidez, Contenido de aire, Exudación, Tiempo de fraguado

5.1.1. Consistencia (NTP 339.035)

Es una medida que se refiere al grado de fluidez de la mezcla, esto indica qué tan seca o fluida está cuando se encuentra en estado plástico, y nos indica la capacidad de la mezcla de acomodarse a los encofrados formando una masa homogénea sin grandes burbujas de aire. Este método de ensayo no es aplicable a concretos no plásticos y no cohesivos. Se mide mediante el asentamiento.

➤ Aparatos usados

- Molde de forma tronco cónica de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm de diámetro en la base superior Y 30 cm de altura; provisto de agarraderas y aletas de pie.
- Varilla compactadora de acero lisa de 5/8" de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm. de longitud, Wincha, Cucharón.

➤ Procedimiento

- Colocar el molde humedecido superficialmente seco sobre una superficie plana no absorbente, luego llenar el concreto en tres capas de aproximadamente 1/3 del volumen total cada capa.
- Compactar cada capa con la barra mediante 25 golpes uniformes en toda la sección, procurando que los golpes de la segunda y tercera capa penetren levemente la capa inmediatamente inferior.
- Enrasar el molde una vez terminada de compactar la última capa por exceso, esto se puede hacer utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

- Levantar el molde en dirección vertical, y medir inmediatamente la diferencia entre la altura del molde y la altura del concreto fresco.

En la tabla N°42 se muestran los resultados de los ensayos de asentamientos y en el grafico N°12 se muestran las comparaciones de los valores obtenidos.

Tabla N°42: Resultado de ensayos de asentamientos

a/c	aditivo	asentamiento
	%	pulg
0.50	0.00	6.00
	0.72	6.60
	1.00	6.80
	1.18	7.00
0.60	0.00	6.20
	0.72	6.30
	1.00	6.70
	1.18	6.40
0.70	0.00	6.10
	0.72	6.50
	1.00	6.80
	1.18	6.20
0.80	0.00	6.40
	0.72	6.60
	1.00	6.60
	1.18	6.70

Fuente: Elaboración propia

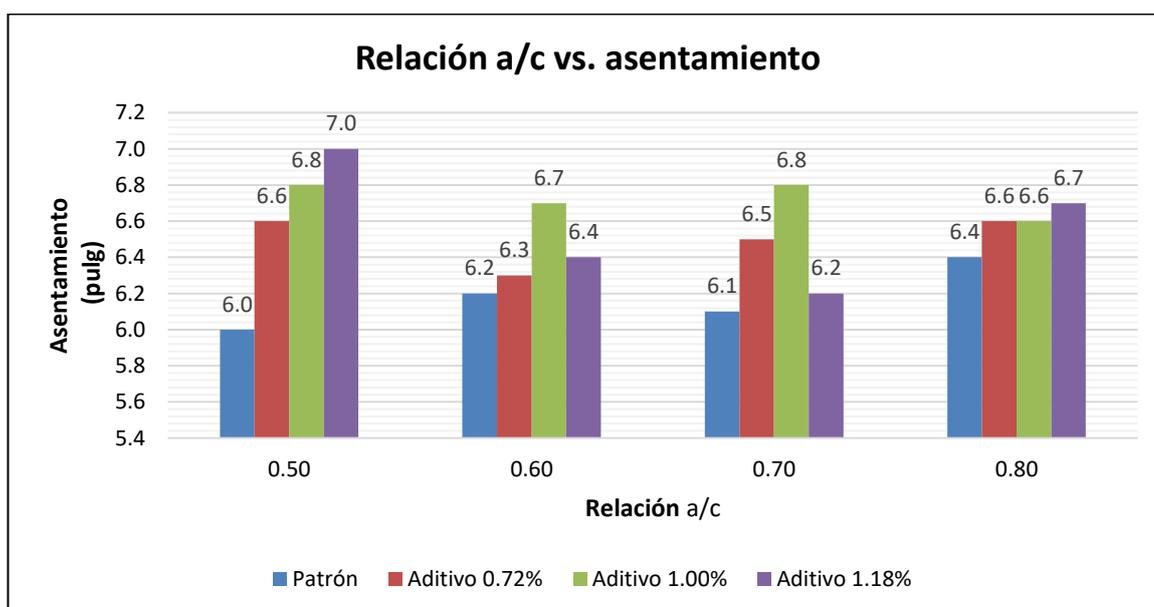


Gráfico N° 12: Comparación de asentamientos para cada relación a/c.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°43 se muestran los resultados de los asentamientos en pulgadas y los porcentajes de variación de asentamiento con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.50$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°13.

Tabla N°43: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón $a/c = 0.50$

$a/c = 0.50$		
Concreto	Asentamiento	Variación respecto al concreto patrón
	(pulg)	
Concreto patrón	6.00"	100.00%
C.aditivo 0.72%	6.60"	110.00%
C.aditivo 1.00%	6.80"	113.33%
C.aditivo 1.18%	7.00"	116.67%

Fuente: Elaboración propia

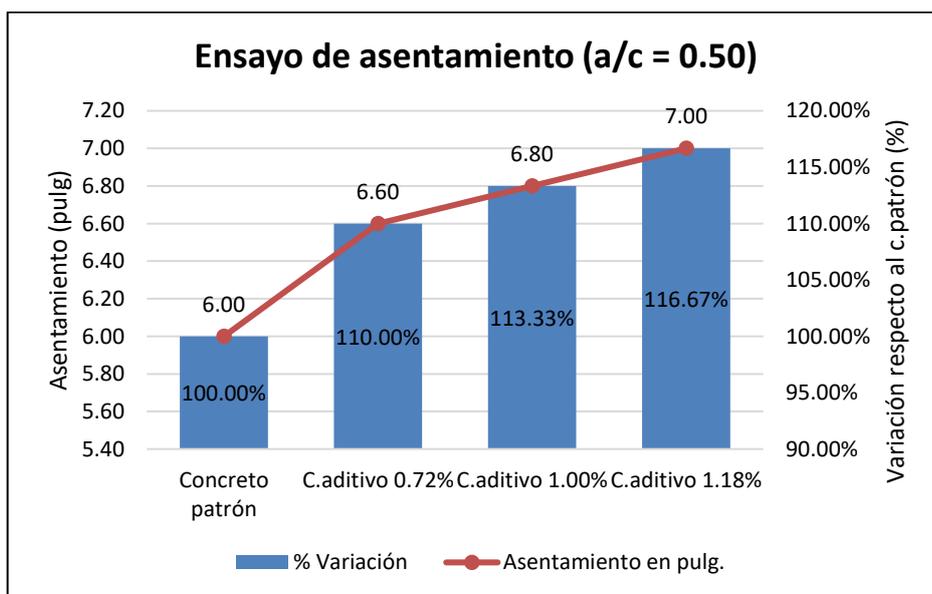


Gráfico N° 13: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación $a/c = 0.50$.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°44 se muestran los resultados de los asentamientos en pulgadas y los porcentajes de variación de asentamiento con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.60$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°14.

Tabla N°44: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón a/c = 0.60

a/c = 0.60		
Concreto	Asentamiento	Variación respecto al concreto patrón
	(pulg)	
Concreto patrón	6.20"	100.00%
C.aditivo 0.72%	6.30"	101.61%
C.aditivo 1.00%	6.70"	108.06%
C.aditivo 1.18%	6.40"	103.23%

Fuente: Elaboración propia

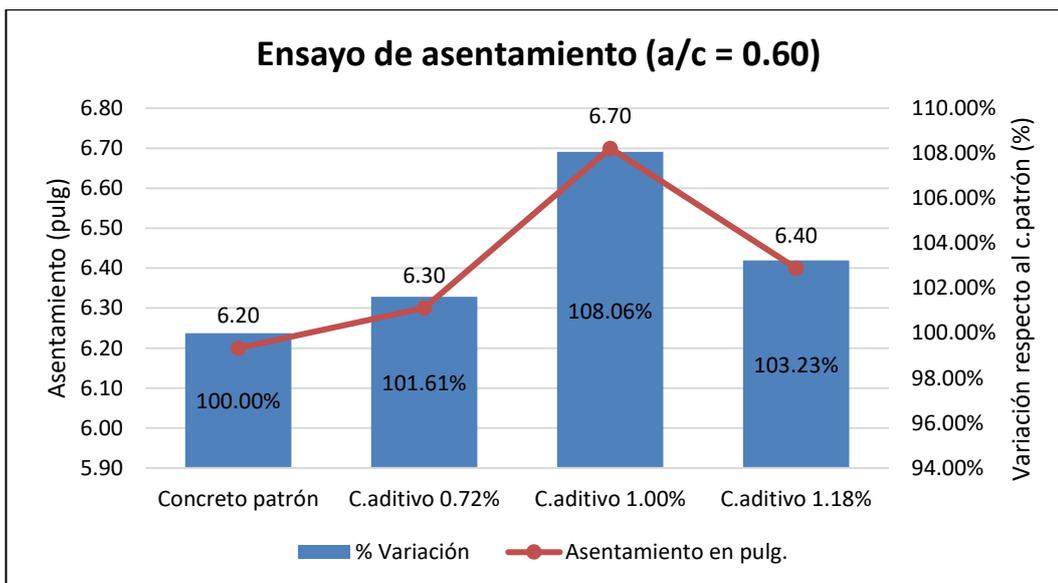


Gráfico N° 14 Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación a/c = 0.60.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°45 se muestran los resultados de los asentamientos en pulgadas y los porcentajes de variación de asentamiento con respecto al concreto patrón para a/c = 0.70. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°15.

Tabla N°45: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón a/c = 0.70

a/c = 0.70		
Concreto	Asentamiento	Variación respecto al concreto patrón
	(pulg)	
Concreto patrón	6.10"	100.00%
C.aditivo 0.72%	6.50"	106.56%
C.aditivo 1.00%	6.80"	111.48%
C.aditivo 1.18%	6.20"	101.64%

Fuente: Elaboración propia

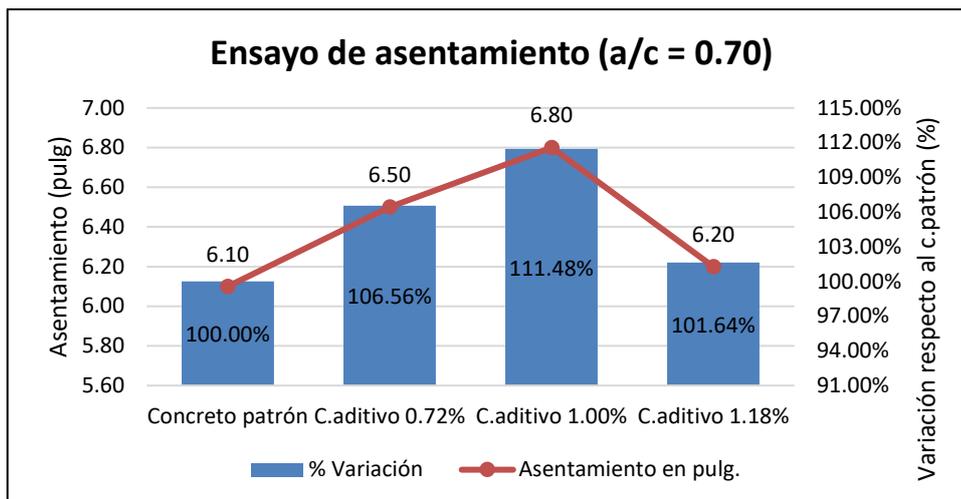


Gráfico N° 15: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación a/c = 0.70

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°46 se muestran los resultados de los asentamientos con respecto al concreto patrón para a/c = 0.80. La representación se muestra en la gráfica N°16.

Tabla N°46: Variación porcentual de asentamientos con respecto al concreto patrón a/c = 0.80

a/c = 0.80		
Concreto	Asentamiento	Variación respecto al concreto patrón
	(pulg)	
Concreto patrón	6.40"	100.00%
C.aditivo 0.72%	6.60"	103.13%
C.aditivo 1.00%	6.60"	103.13%
C.aditivo 1.18%	6.70"	104.69%

Fuente: Elaboración propia

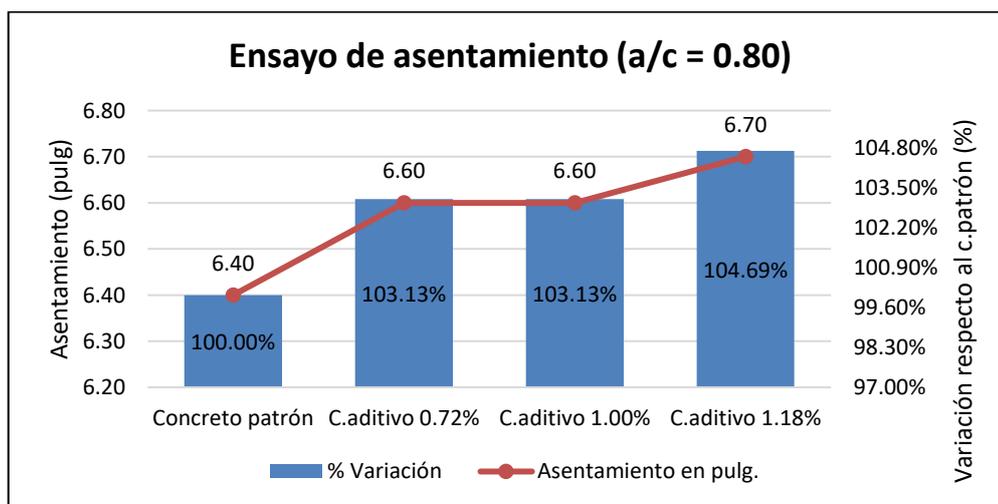


Gráfico N°16: Asentamientos en porcentaje y pulgadas para la relación a/c = 0.80.

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Peso unitario (NTP 339.046)

El peso unitario del concreto en estado fresco depende de la granulometría, cantidad, tamaño máximo y densidad de los agregados, asimismo de la cantidad de aire atrapado e incorporado y del contenido de agua y cemento.

Cuando los agregados tienen alta porosidad, el peso unitario puede variar dependiendo del grado de saturación, previa al mezclado, de dichos agregados.

➤ Aparatos usados

- Balanza con aproximación de 45 gr.
- Varilla compactadora lisa de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud, con punta semiesférica de 5/8" de diámetro.
- Recipiente cilíndrico de acero.
- Cucharón, mazo con cabeza de caucho.

➤ Procedimiento

- Llenar el recipiente con concreto hasta un tercio de su capacidad.
- Compactar la primera capa con 25 golpes de la barra compactadora evitando golpear el fondo y distribuyendo uniformemente sobre la superficie.
- Proceder a colocar la segunda y tercera capa siguiendo los pasos realizados para la primera capa, para la segunda y tercera capa, la barra compactadora debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa subyacente.
- Golpear la superficie exterior del recipiente con cuidado 10 a 15 veces usando el mazo con cabeza de caucho, con la finalidad de eliminar burbujas de aire atrapadas.
- Enrasar la superficie superior con la placa plana de alisado teniendo cuidado de dejar lleno el recipiente justo hasta su nivel superior.
- Se limpia todo el concreto en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición y luego se determina la masa del concreto.

➤ Cálculo

$$Pu = \frac{Pc - Pm}{Vm}$$

Donde:

P_u = Peso unitario del concreto fresco en kg/m³.

P_m = Peso del recipiente en kg.

P_c = Peso del recipiente lleno con concreto kg.

V_m = Volumen del recipiente en m³.

Después de realizar los ensayos y haber tomado los datos, este se procesa en cuadros y gráficos para su posterior análisis.

En la tabla N°47 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.50$. se muestra en la gráfica N°17.

Tabla N°47 Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón $a/c = 0.50$

a/c = 0.50		
Concreto	Peso Unitario	
	(kg/m ³)	(%)
Concreto patrón	2369.703	100.00%
C.aditivo 0.72%	2405.720	101.52%
C.aditivo 1.00%	2440.678	103.00%
C.aditivo 1.18%	2444.386	103.15%

Fuente: Elaboración propia

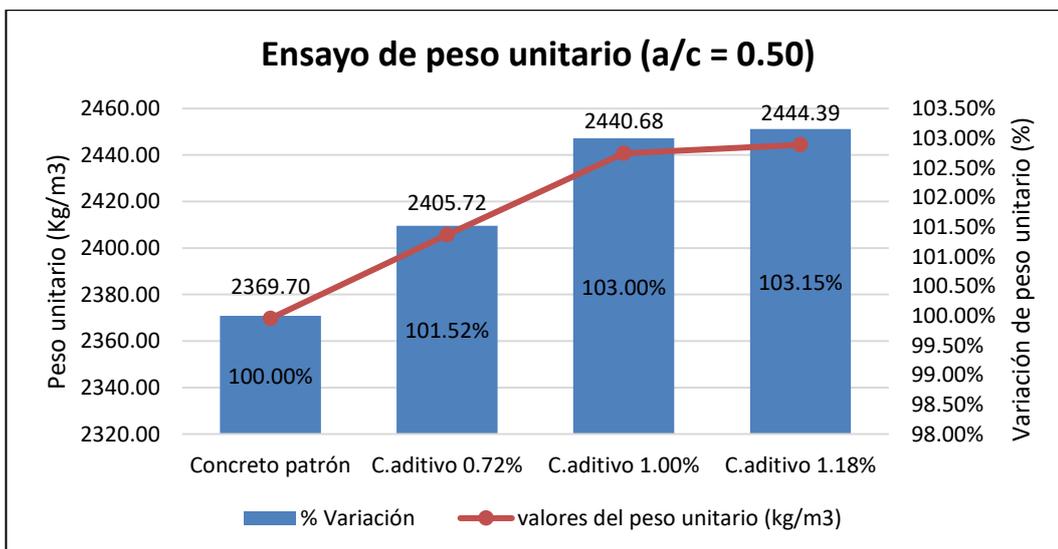


Gráfico N° 17: Representación del ensayo de peso unitario para $a/c = 0.50$.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°48 se muestra los resultados del ensayo de peso unitario y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.60$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°18.

Tabla N°48: Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón $a/c = 0.60$

a/c = 0.60		
Concreto	Peso Unitario	
	(kg/m ³)	(%)
Concreto patrón	2377.119	100.00%
C.aditivo 0.72%	2393.538	100.69%
C.aditivo 1.00%	2412.076	101.47%
C.aditivo 1.18%	2450.212	103.07%

Fuente: Elaboración propia

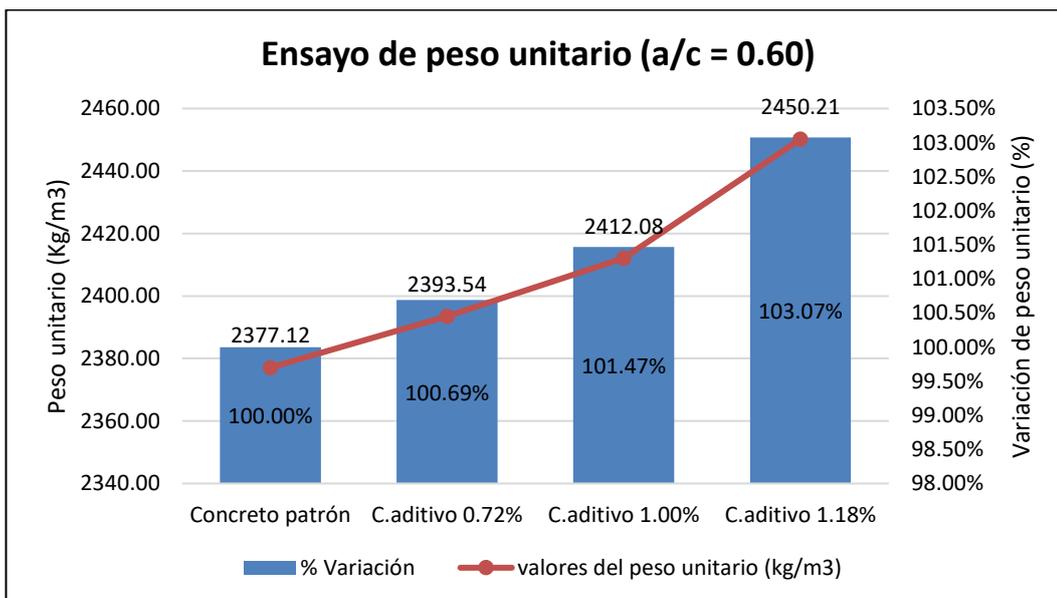


Gráfico N° 18: Representación del ensayo de peso unitario para $a/c = 0.60$.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°49 se muestra los resultados del ensayo de peso unitario y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.70$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°19.

Tabla N°49: Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón a/c = 0.70

a/c = 0.70		
Concreto	Peso Unitario	
	(kg/m ³)	(%)
Concreto patrón	2352.225	100.00%
C.aditivo 0.72%	2391.949	101.69%
C.aditivo 1.00%	2420.551	102.90%
C.aditivo 1.18%	2441.737	103.81%

Fuente: Elaboración propia

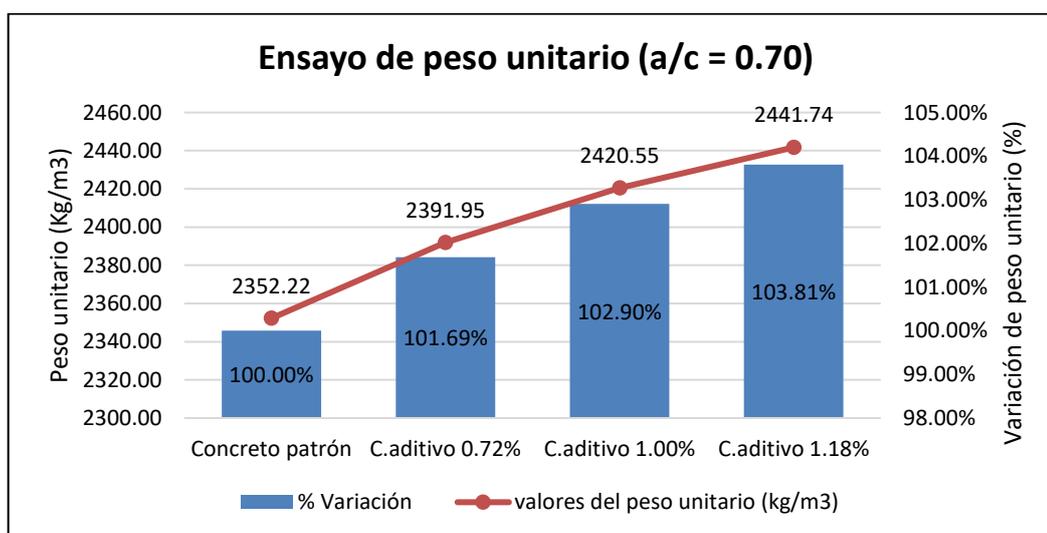


Gráfico N° 19: Representación del ensayo de peso unitario para a/c = 0.70.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°50 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para a/c = 0.80. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°20.

Tabla N°50: Variación porcentual de los pesos unitarios con respecto al concreto patrón a/c = 0.80

a/c = 0.80		
Concreto	Peso Unitario	
	(kg/m ³)	(%)
Concreto patrón	2350.106	100.00%
C.aditivo 0.72%	2390.890	101.74%
C.aditivo 1.18%	2411.017	102.59%
C.aditivo 1.00%	2418.432	102.91%

Fuente: Elaboración propia

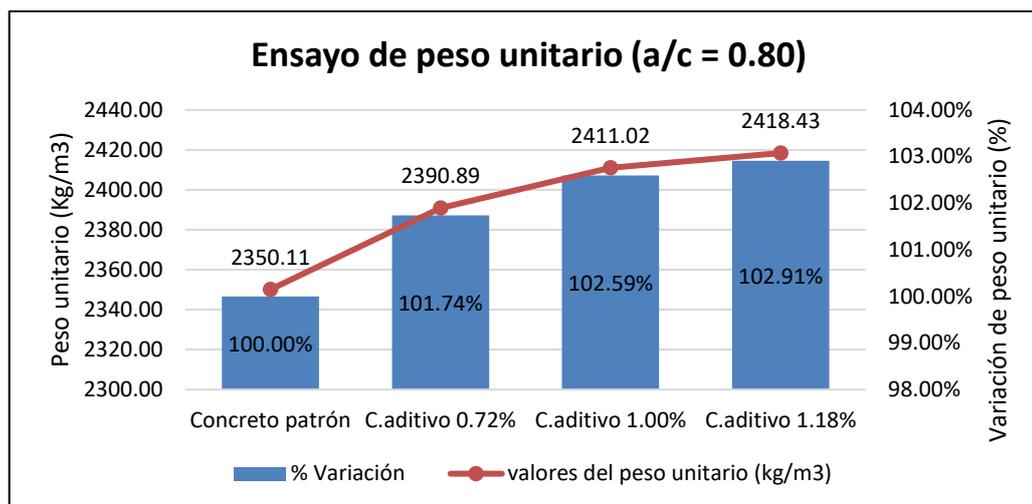


Gráfico N° 20: Representación del ensayo de peso unitario para a/c = 0.80

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Fluidez (NTP 339.085)

La fluidez está relacionada con el índice de consistencia del concreto fresco. Este ensayo se realiza usando un tronco de cono, en el cual se introduce concreto fresco para luego ser sometida a sacudidas sucesivas en la mesa de sacudidas con la finalidad de medir el aumento de diámetro.

➤ Aparatos usados

- Molde de acero liso con forma de tronco de cono, con diámetro de 250 mm en la base inferior, 170 mm en la base superior y una altura de 130 mm.
- Varilla compactadora recta de acero liso, de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud con punta semiesférica de radio 16mm, mesa de sacudidas.

➤ Procedimiento

- Se limpia y se humedece la mesa de sacudidas y el molde.
- se centra el molde sobre la mesa sujetándola firmemente y se agrega una muestra de concreto hasta llenar la mitad del molde. Luego con la varilla compactadora se aplican 25 golpes distribuidos uniformemente por toda la sección de la mezcla.
- Se procede luego a llenar el molde con exceso y se aplica otros 25 golpes con la varilla, procurando que penetre levemente a la capa inferior.
- Se retira el concreto en exceso y se deja reposar 1 minuto y enseguida se levanta el molde con cuidado en dirección vertical, lo más rápidamente posible.

- Una vez que este la muestra en la mesa de sacudidas, se realiza sacudidas sucesivas de 25 golpes, para luego tomar 4 medidas del diámetro distribuidas simétricamente.

➤ Cálculo

$$Fluidez(\%) = \frac{D - 25}{25} * 100$$

Donde:

D = Diámetro promedio en cm.

En la tabla N°51 se muestra los resultados del ensayo de fluidez y las variaciones con respecto al concreto patrón para a/c = 0.50. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°21.

Tabla N°51: Variación porcentual de la fluidez con respecto al concreto patrón (a/c = 0.50)

a/c = 0.50		
Concreto	FLUIDEZ	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	71.90%	100.00%
C.aditivo 0.72%	83.30%	115.86%
C.aditivo 1.00%	99.40%	138.25%
C.aditivo 1.18%	78.50%	109.18%

Fuente: Elaboración propia

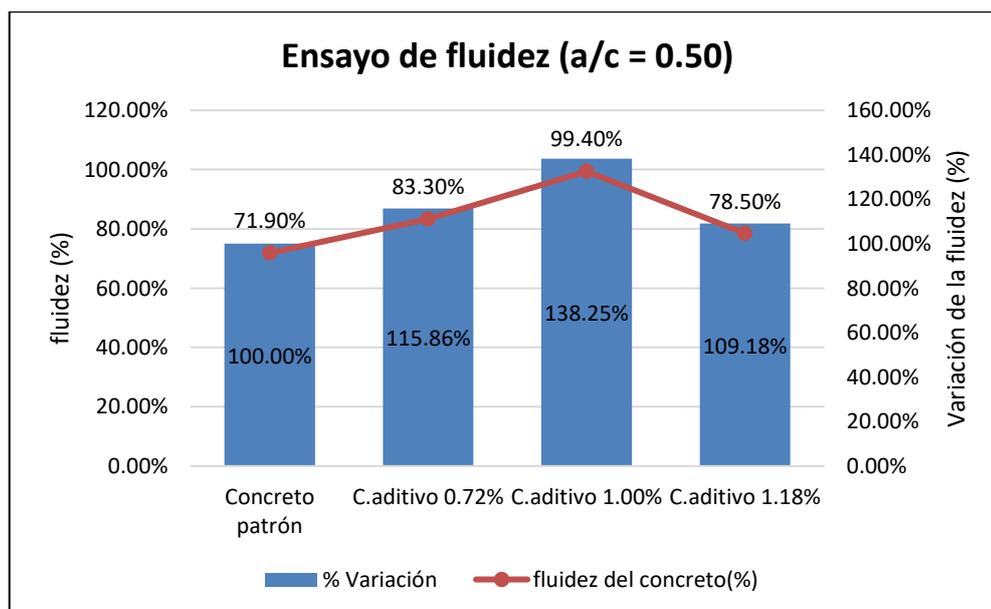


Gráfico N°21: Representación del ensayo de fluidez para a/c = 0.50.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°52 se muestra los resultados del ensayo de fluidez y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.60$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°22.

Tabla N°52: Variación porcentual de la fluidez con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.60$)

a/c = 0.60		
Concreto	FLUIDEZ	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	68.90%	100.00%
C.aditivo 0.72%	80.60%	116.98%
C.aditivo 1.00%	93.90%	136.28%
C.aditivo 1.18%	90.00%	130.62%

Fuente: Elaboración propia

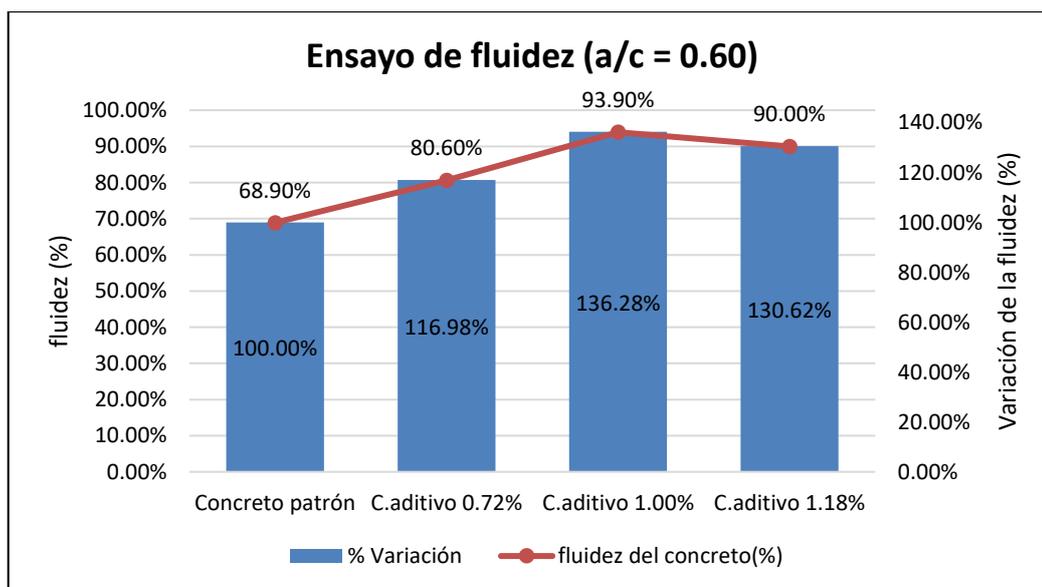


Gráfico N° 22 Representación del ensayo de fluidez para $a/c = 0.60$.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°53 se muestra los resultados del ensayo de fluidez y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.70$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°23.

Tabla N°53: Variación porcentual de la fluidez con respecto al concreto patrón (a/c = 0.70)

a/c = 0.70		
Concreto	FLUIDEZ	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	77.40%	100.00%
C.aditivo 0.72%	92.90%	120.03%
C.aditivo 1.00%	99.60%	128.68%
C.aditivo 1.18%	89.70%	115.89%

Fuente: Elaboración propia

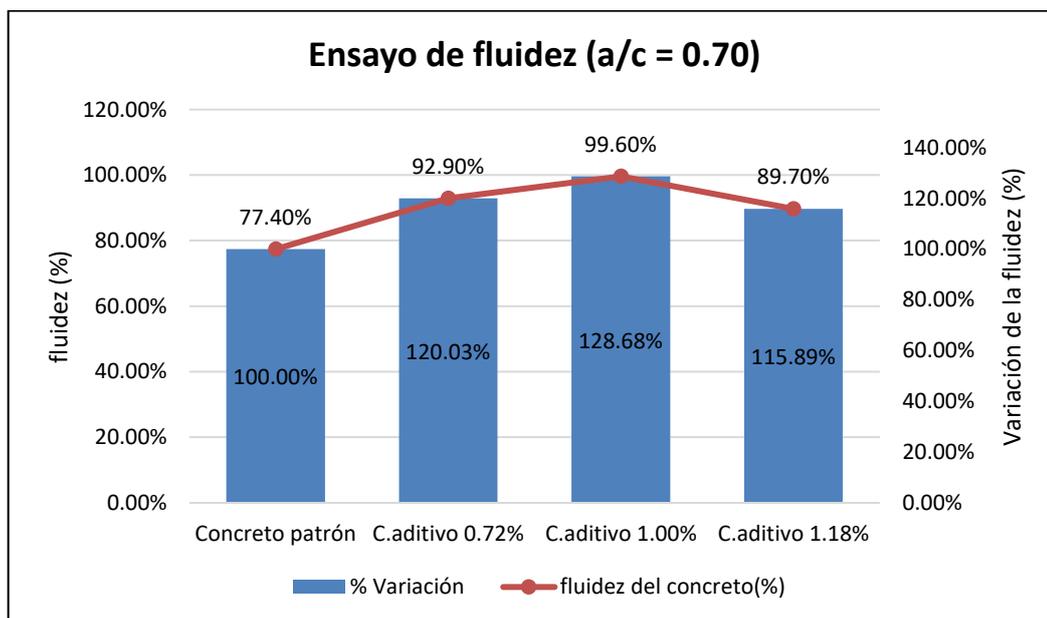


Gráfico N° 23: Representación del ensayo de fluidez para a/c = 0.70.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°54 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para a/c = 0.80. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°24.

Tabla N°54: Variación de la fluidez con respecto al concreto patrón (a/c = 0.80)

a/c = 0.80		
Concreto	FLUIDEZ	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	81.90%	100.00%
C.aditivo 0.72%	91.30%	111.48%
C.aditivo 1.00%	100.90%	123.20%
C.aditivo 1.18%	94.40%	115.26%

Fuente: Elaboración propia

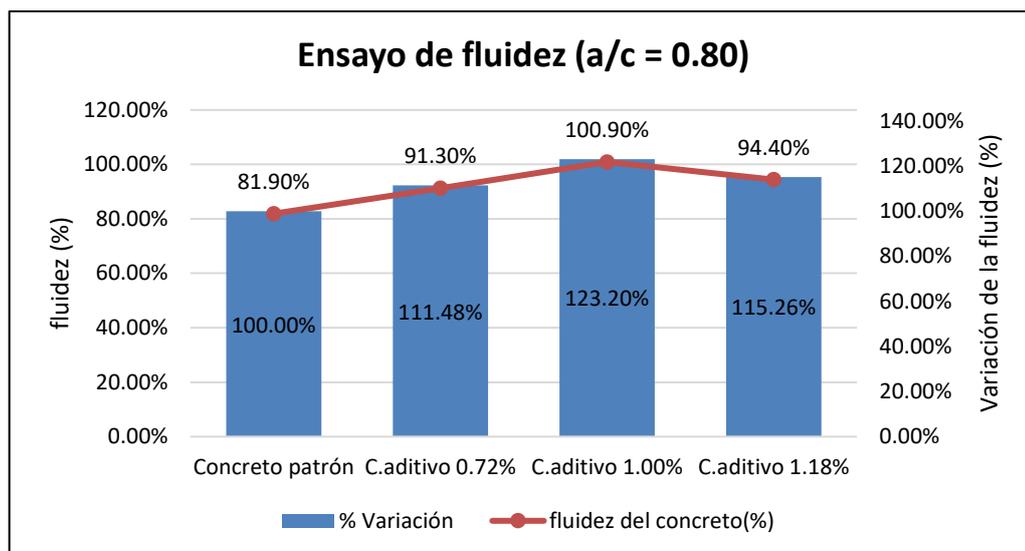


Gráfico N° 24: Representación del ensayo de fluidez para a/c = 0.80

Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Contenido de aire (NTP 339.046)

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 bandeja para ser ensayada, luego se coloca en el molde a 1/3 del volumen del recipiente, luego 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.

En la tabla N°55 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.50$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°25.

Tabla N°55: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.50$)

a/c=0.50		
Concreto	contenido de aire	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	0.80	100.00%
C.aditivo 0.72%	1.00	125.00%
C.aditivo 1.00%	1.10	137.50%
C.aditivo 1.18%	1.40	175.00%

Fuente: Elaboración propia

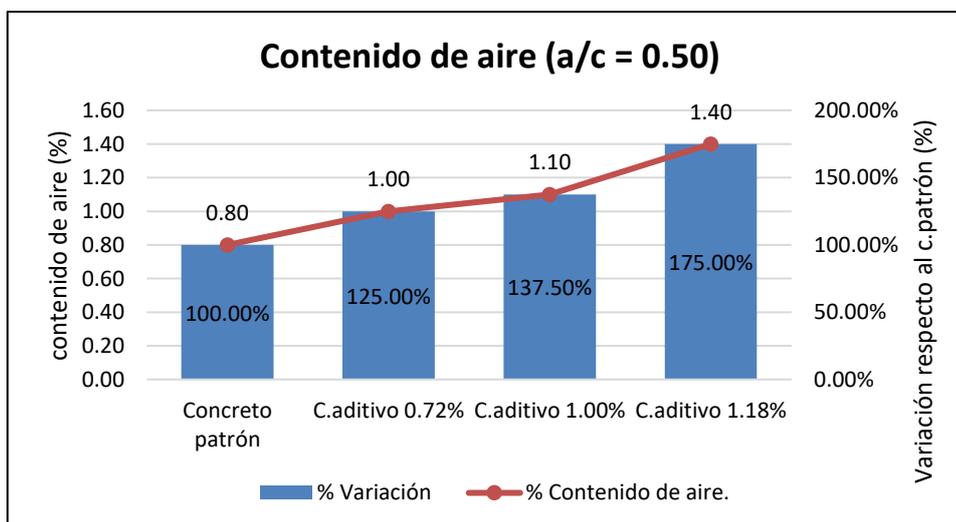


Gráfico N°25: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.50$

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°56 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.60$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°26.

Tabla N°56: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.60$)

a/c=0.60		
Concreto	contenido de aire	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	0.90	100.00%
C.aditivo 0.72%	1.00	111.11%
C.aditivo 1.00%	1.20	133.33%
C.aditivo 1.18%	1.30	144.44%

Fuente: Elaboración propia

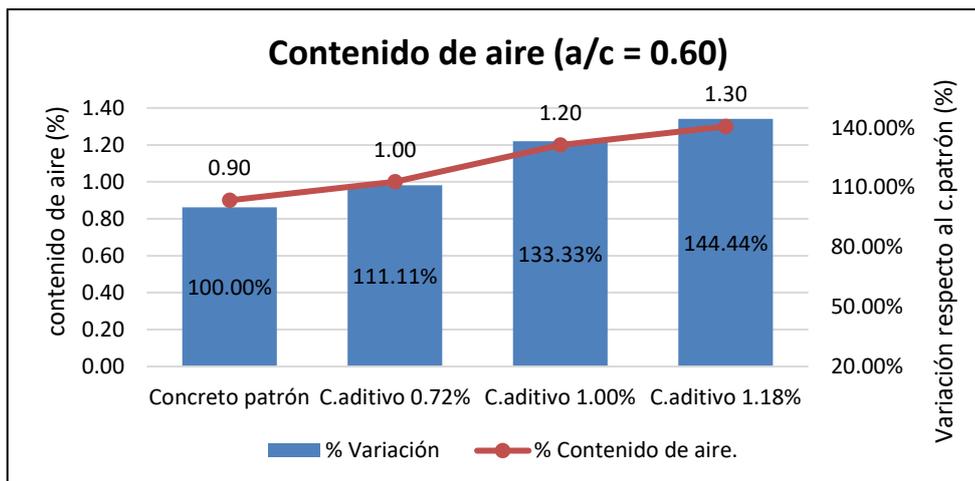


Gráfico N°26: Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.60

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°57 se muestra los resultados del ensayo de contenido de aire y las variaciones con respecto al concreto patrón para a/c = 0.70. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°27.

Tabla N°57: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón (a/c = 0.70)

a/c=0.70		
Concreto	contenido de aire	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	0.70	100.00%
C.aditivo 0.72%	0.90	128.57%
C.aditivo 1.00%	1.00	142.86%
C.aditivo 1.18%	1.30	185.71%

Fuente: Elaboración propia

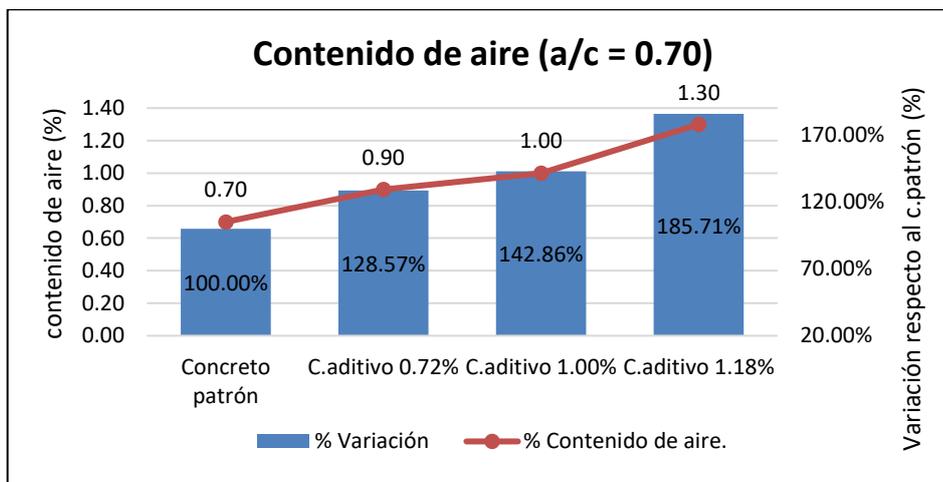


Gráfico N°27 Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.70.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°58 se muestra los resultados del ensayo de contenido de aire y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.80$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°28.

Tabla N°58: Variación del contenido de aire con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.80$)

a/c=0.80		
Concreto	contenido de aire	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	1.00	100.00%
C.aditivo 0.72%	1.10	110.00%
C.aditivo 1.00%	1.20	120.00%
C.aditivo 1.18%	1.50	150.00%

Fuente: Elaboración propia

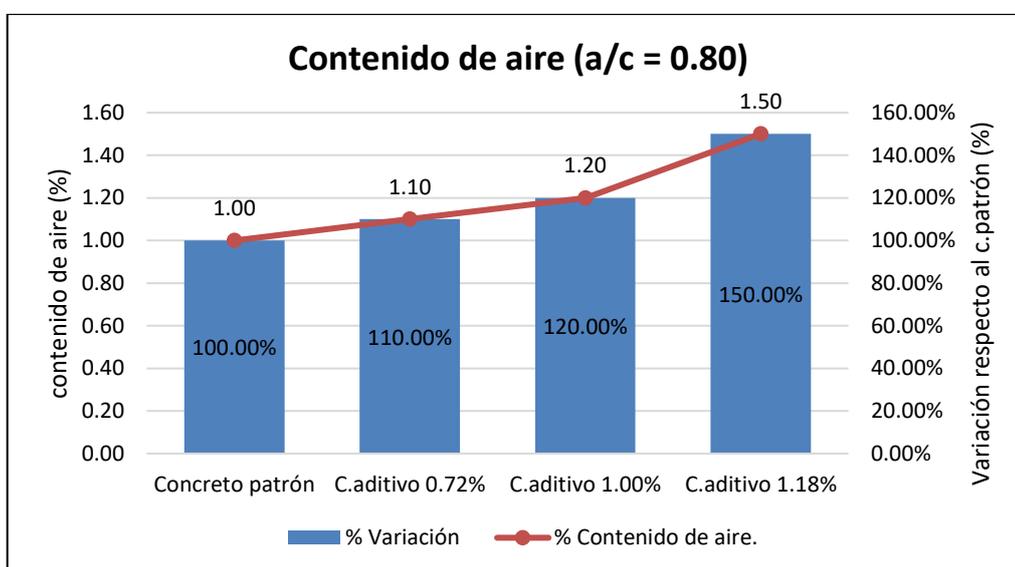


Gráfico N° 28: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.80$.

Fuente: Elaboración propia

5.1.5. 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
- Varilla de 5/8" y 60 cm de longitud con puntas redondeadas

Procedimiento:

Llenar al recipiente igualmente al proceso realizado en el cálculo del peso unitario.

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

En la tabla N°59 se muestra los resultados del ensayo de exudación y las variaciones con respecto al concreto patrón para a/c = 0.50. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°29.

Tabla N°59: Variación de la exudación con respecto al concreto patrón (a/c = 0.50)

a/c=0.50		
Concreto	Exudación	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	0.90	100.00%
C.aditivo 0.72%	0.30	33.54%
C.aditivo 1.00%	0.20	21.69%
C.aditivo 1.18%	0.10	11.07%

Fuente: Elaboración propia

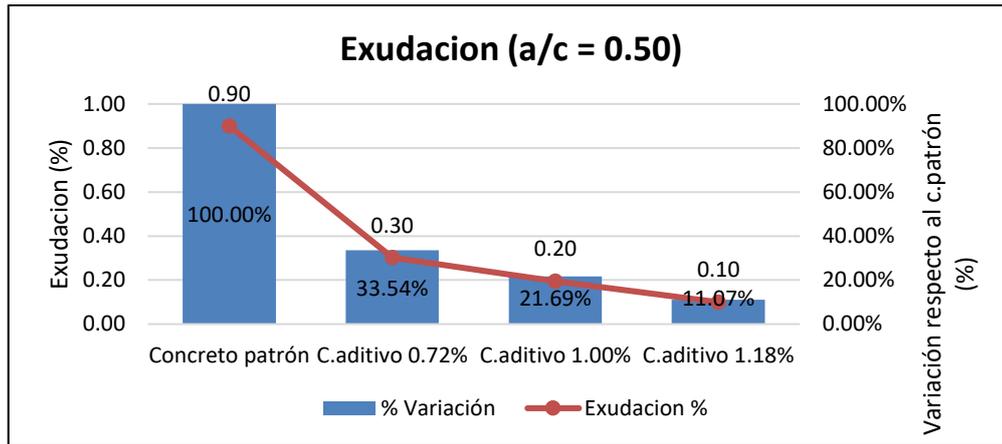


Gráfico N° 29: Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.50.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°60 se muestra los resultados del ensayo de exudación y las variaciones con respecto al concreto patrón para a/c = 0.60. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°30.

Tabla N°60 Variación de la exudación con respecto al concreto patrón (a/c = 0.60)

a/c=0.60		
Concreto	Exudación	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	0.81	100.00%
C.aditivo 0.72%	0.44	54.01%
C.aditivo 1.00%	0.13	16.50%
C.aditivo 1.18%	0.13	15.59%

Fuente: Elaboración propia

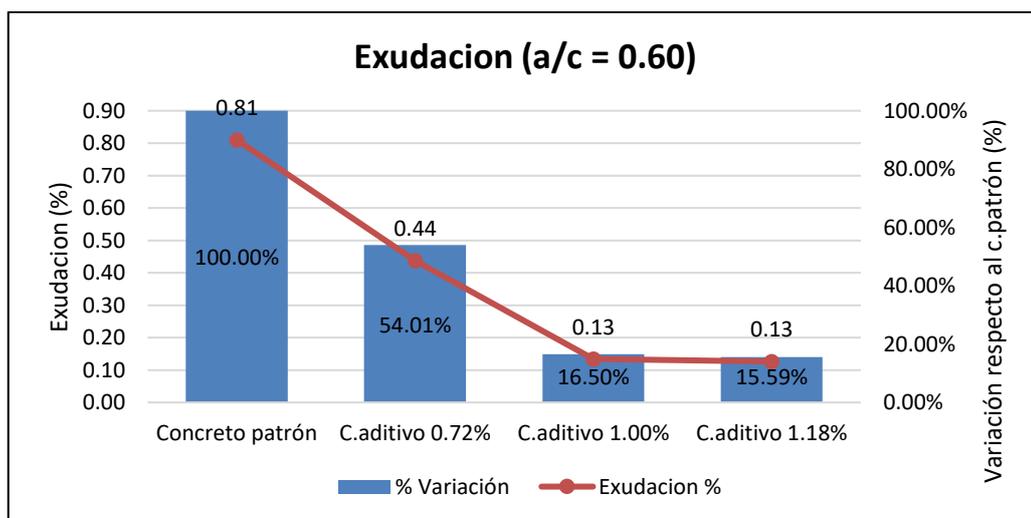


Gráfico N° 30 Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.60

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°61 se muestra los resultados del ensayo de exudación y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.70$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°31.

Tabla N°61: Variación de la exudación con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.70$)

a/c=0.70		
Concreto	Exudación	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	1.84	100.00%
C.aditivo 0.72%	0.73	39.93%
C.aditivo 1.00%	0.68	36.83%
C.aditivo 1.18%	0.23	12.57%

Fuente: Elaboración propia

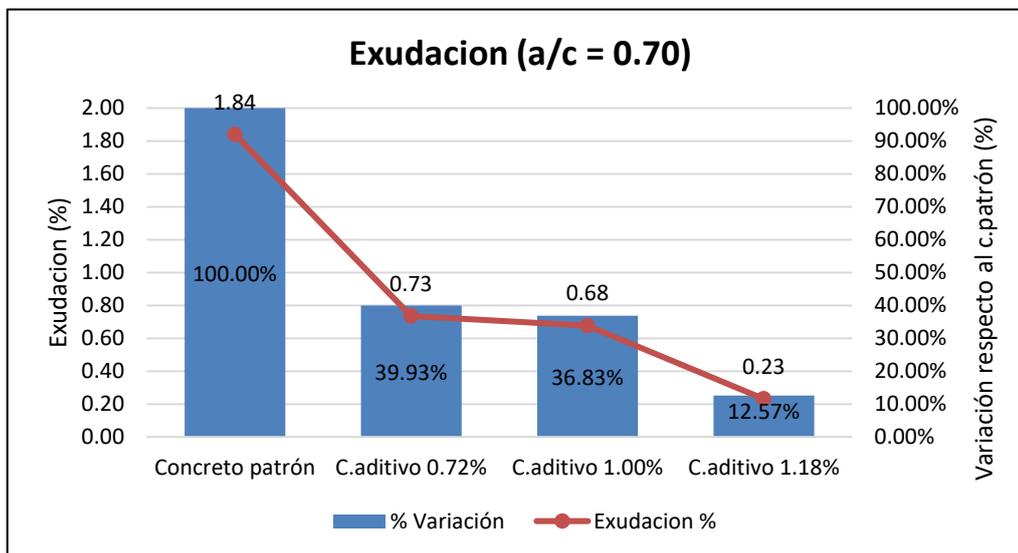


Gráfico N°31: Representación del ensayo de exudación para $a/c = 0.70$.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°62 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.80$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°32.

Tabla N°62: Variación de la exudación con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.80$)

a/c=0.80		
Concreto	Exudación	Variación respecto al concreto patrón
	%	
Concreto patrón	2.85	100.00%
C.aditivo 0.72%	2.04	71.75%
C.aditivo 1.00%	1.36	47.59%
C.aditivo 1.18%	0.90	31.56%

Fuente: Elaboración propia

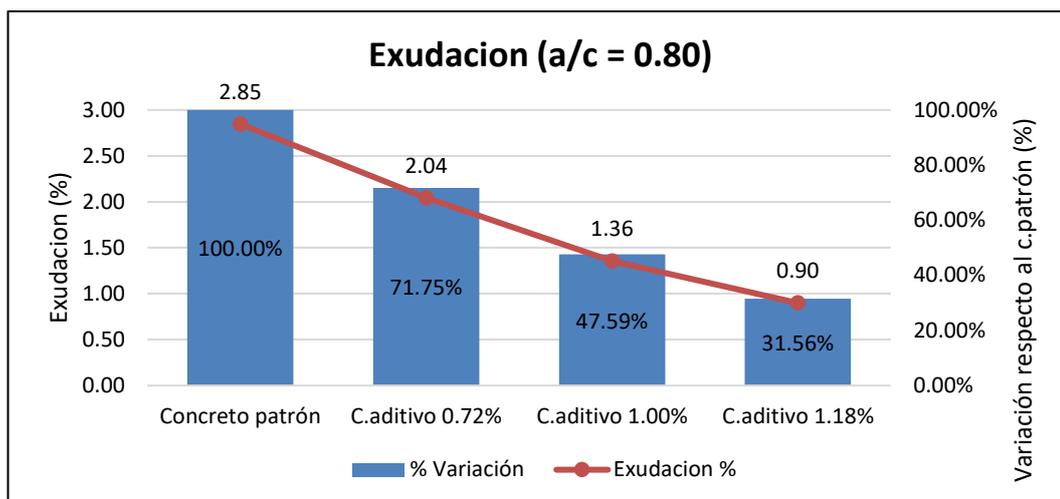


Gráfico N°32: Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.80.

Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Tiempo de fraguado (NTP 339.082)

Mientras pasa el tiempo el concreto se empieza a endurecer generando la perdida de la plasticidad y con ello el inicio del estado de fraguado.

Cuando la plasticidad se vuelve a cero es cuando se llama el estado de fragua final de la mezcla de concreto.

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 pulg².

Procedimiento:

Tamizar una 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 agujá y hora. Este proceso terminará cuando la agujá de menor área alcance por lo menos una resistencia penetrada de 4000 lb/pulg².

En la tabla N°63 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para a/c = 0.50. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°33.

Tabla N°63: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (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	100.00	100.00
	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

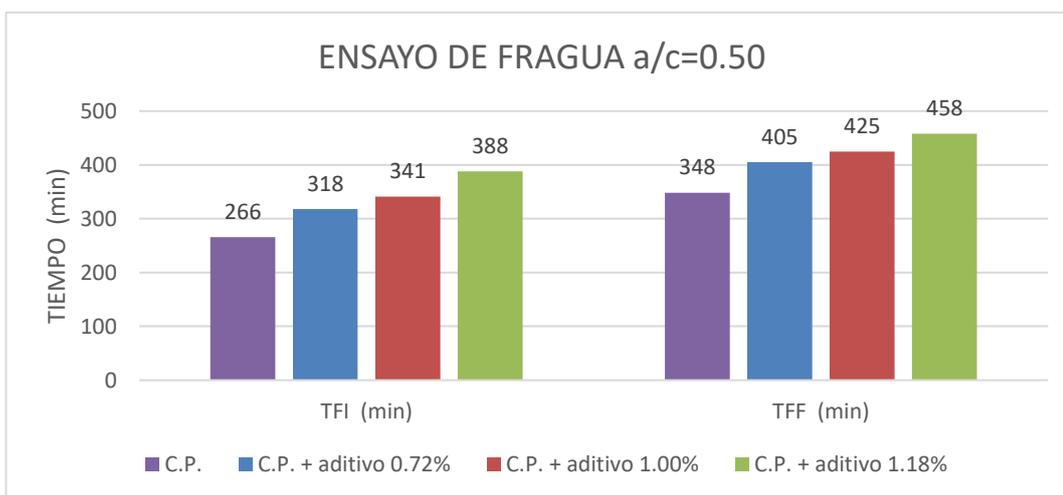


Gráfico N°33: Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.50.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°64 se muestra los resultados del ensayo con respecto al concreto patrón para a/c = 0.60. La representación se muestra en la gráfica N°34.

Tabla N°64: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (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	100.00	100.00
	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

Fuente: Elaboración propia

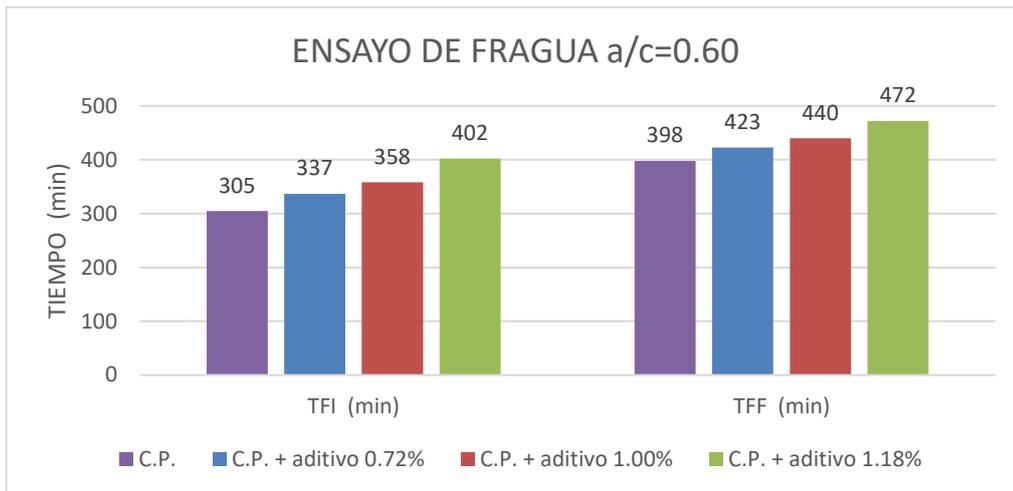


Gráfico N°34: Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.60.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°65 se muestra los resultados con respecto al concreto patrón para a/c = 0.70. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°35.

Tabla N°65: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón (a/c = 0.70)

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	variación (%) FI	variación (%) FF
0.7	C.P.	326	405	100.00	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	339	427	103.99	105.43
	C.P. + aditivo 1.00%	363	444	111.35	109.63
	C.P. + aditivo 1.18%	408	479	125.15	118.27

Fuente: Elaboración propia

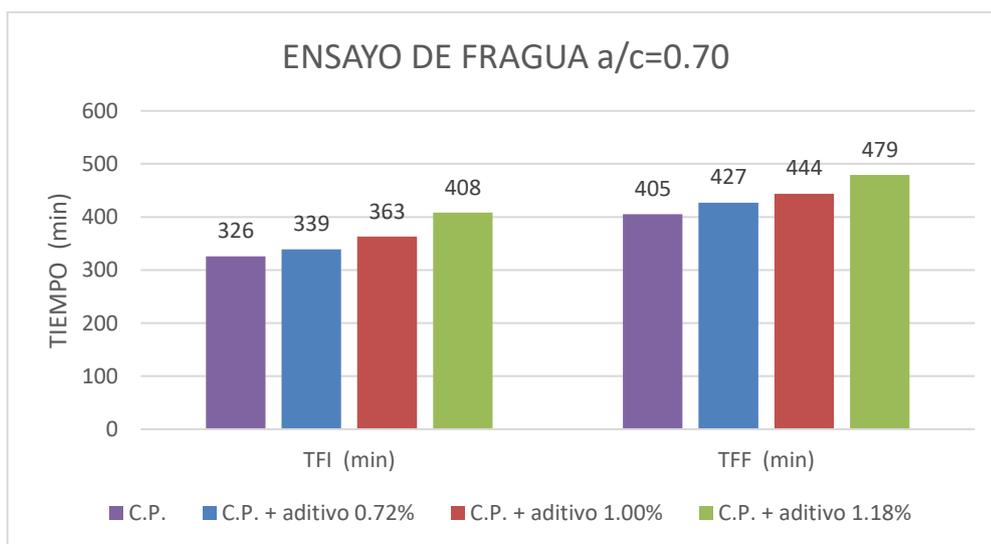


Gráfico N°35: Representación del ensayo de contenido de aire para a/c = 0.70.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°66 se muestra los resultados del ensayo de tiempo de fragua y las variaciones con respecto al concreto patrón para $a/c = 0.80$. La representación de estos valores se muestra en la gráfica N°36.

Tabla N°66: Variación del tiempo de fragua con respecto al concreto patrón ($a/c = 0.80$)

RESULTADOS DE ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUA					
relación a/c	Diseño	TFI (min)	TFF (min)	Variación (%) FI	Variación (%) FF
0.8	C.P.	349	419	100.00	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	350	432	99.43	103.10
	C.P. + aditivo 1.00%	368	449	105.44	107.16
	C.P. + aditivo 1.18%	416	485	119.20	115.75

Fuente: Elaboración propia

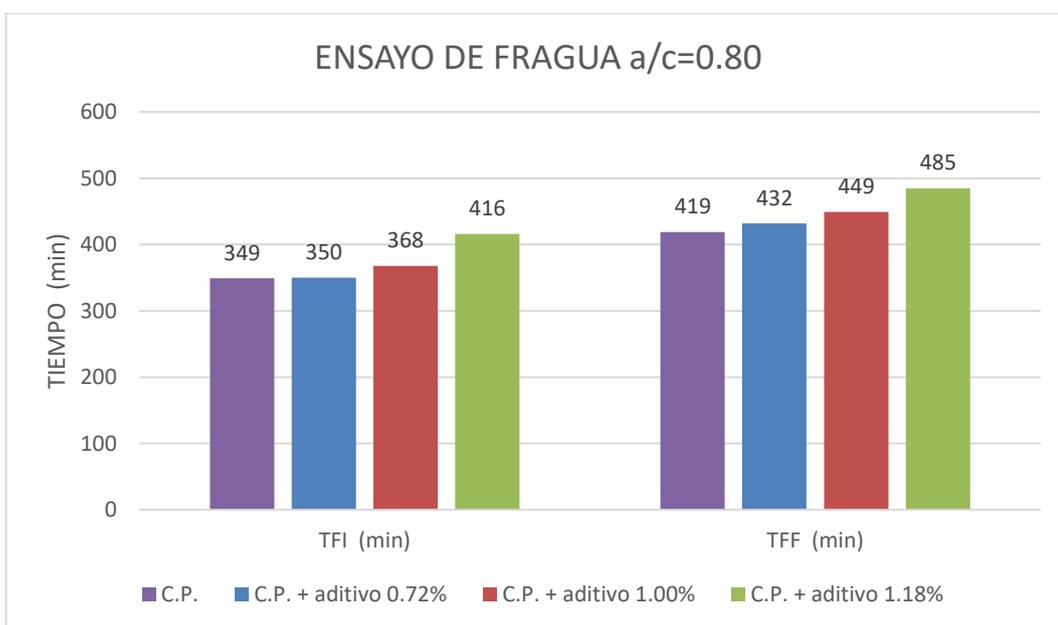


Gráfico N°36: Representación del ensayo de contenido de aire para $a/c = 0.80$

Fuente: Elaboración propia

5.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

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

Los ensayos realizados a la mezcla de concreto en estado endurecido son las siguientes.

- Resistencia a la compresión axial, Resistencia a la tracción diametral, Modulo Elástico, Resistencia a la flexión

5.2.1. 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 es la siguiente:

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

Donde:

R_c (kg/cm²): resistencia a la compresión

P (kg): carga de rotura

D (cm): diámetro promedio de la probeta

En la tabla N°67 se muestra los resultados y la evolución de las resistencias a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días para las diferentes relaciones de a/c agregando diferentes porcentajes de aditivos (0.72%, 1.00% y 1.18%) al concreto patrón.

Tabla N°67: Resultados de resistencia a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días

a/c	% de aditivo	Resistencia de concreto a las diferentes edades kg/cm ²		
		7 días	14 días	28 días
0.5	0	300	342	362
	0.72	364	384	457
	1.00	554	590	612
	1.18	561	579	636
0.6	0	245	261	314
	0.72	257	315	342
	1.00	349	363	468
	1.18	416	434	508
0.7	0	160	183	230
	0.72	261	274	347
	1.00	285	334	369
	1.18	371	409	418
0.8	0	103	125	160
	0.72	177	211	220
	1.00	238	243	294
	1.18	248	255	331

Fuente: Elaboración propia

La representación del comportamiento de estos valores se muestra en la gráfica N°37, N°38, N°39, N°40.

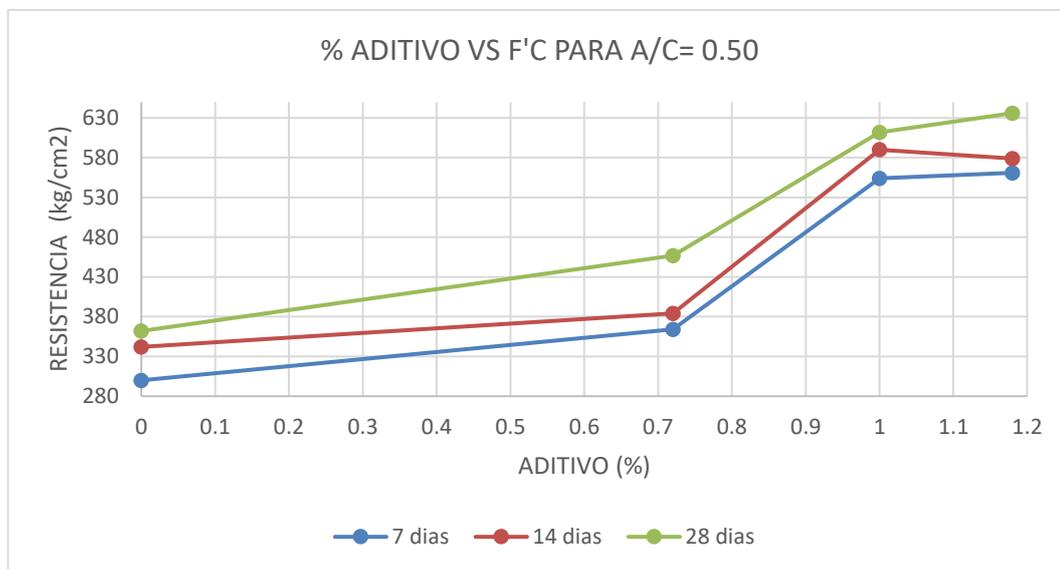


Gráfico N°37: Resistencia a la compresión axial con a/c= 0.5.

Fuente: elaboración propia

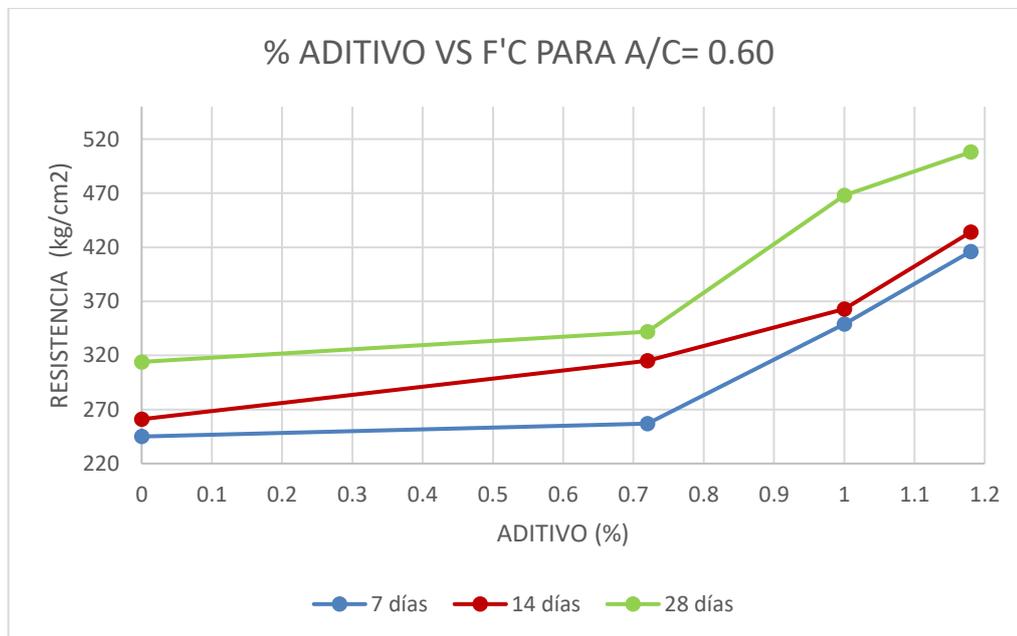


Gráfico N°38: Resistencia a la compresión axial con a/c= 0.6.

Fuente: elaboración propia

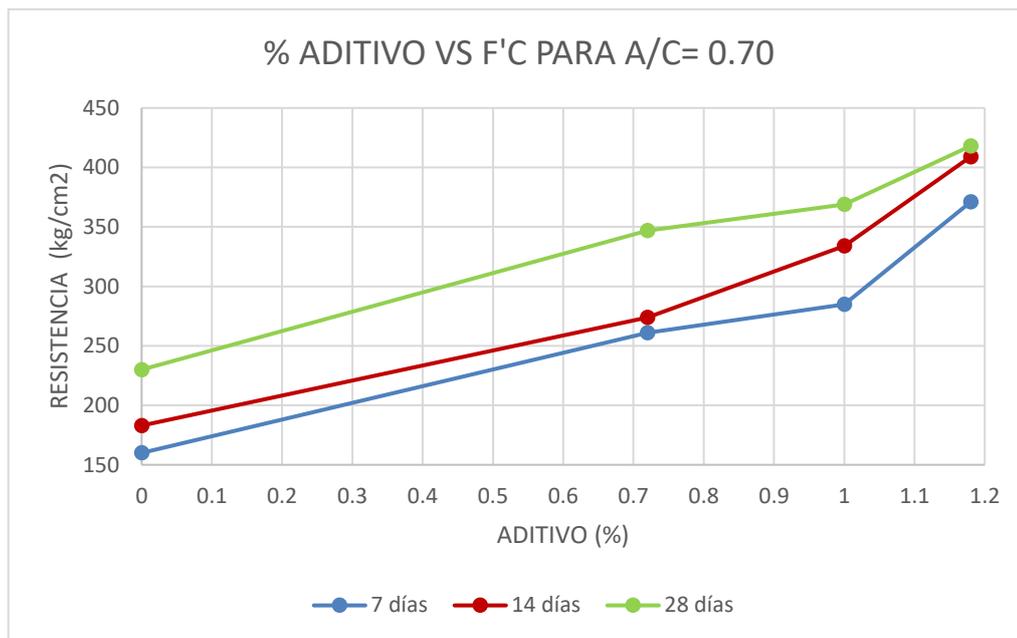


Gráfico N°39: Resistencia a la compresión axial con a/c= 0.7.

Fuente: elaboración propia

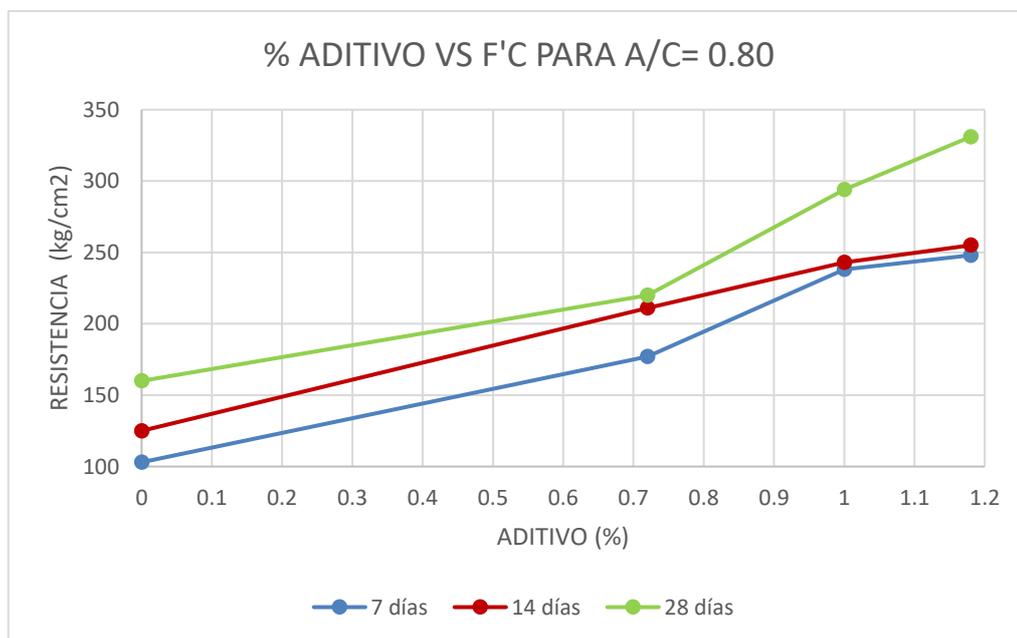


Gráfico N°40: Resistencia a la compresión axial con a/c= 0.8.

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla N°68 se mostrará los resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto de las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8 con las dosificaciones de aditivo a los 28 días.

Tabla N°68: Resistencia a la compresión a los 28 días

a/c	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)			
	C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.5	362	457	612	636
0.6	314	342	468	508
0.7	230	347	369	418
0.8	160	220	294	331

Fuente: elaboración propia

Del cuadro anterior se mostrará la gráfica N°41 de comparación de todas las resistencias obtenidas a los 28 días de las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8.

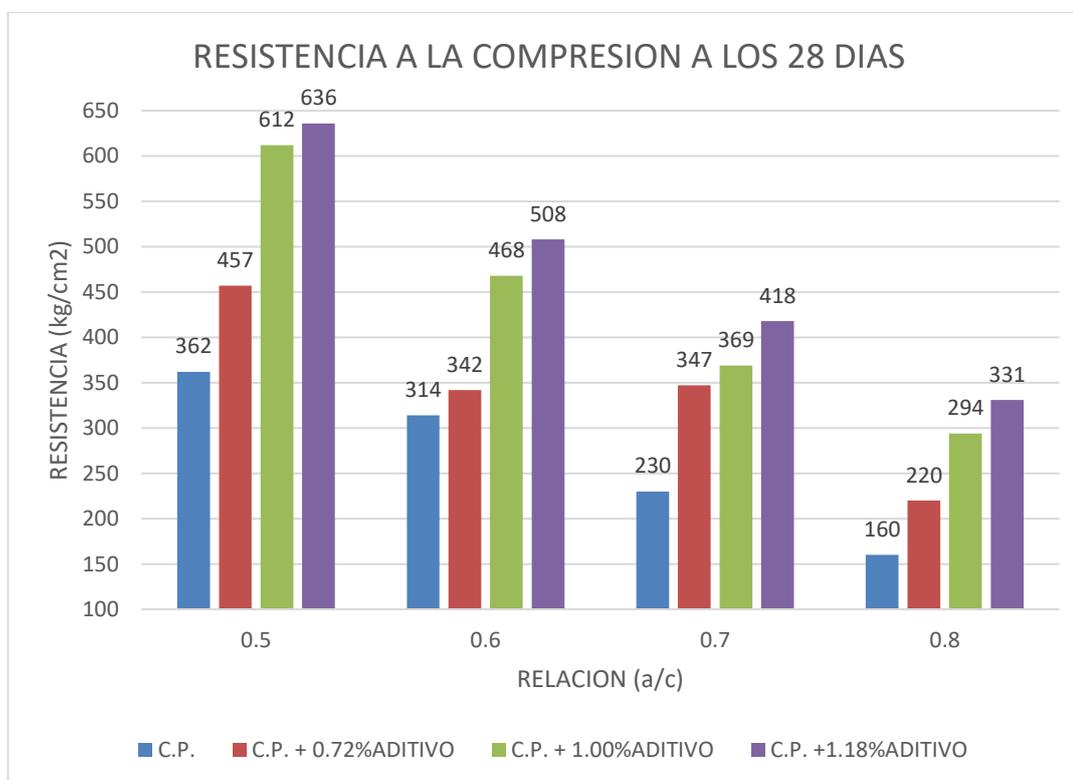


Gráfico N°41: Análisis comparativo de las resistencias a la compresión a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla N°69 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 referencia con 100% para cada edad de rotura y los demás valores con aditivos en función a este valor porcentual.

Tabla N°69 Variación de la resistencia respecto a las edades porcentuales

a/c	Edad (días)	VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)			
		C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1%	C.P. + aditivo 1.18%
0.5	7	100	121	185	187
	14	100	112	173	169
	28	100	126	169	176
0.6	7	100	105	142	170
	14	100	121	139	166
	28	100	109	149	162
0.7	7	100	163	178	232
	14	100	150	183	223
	28	100	151	160	182
0.8	7	100	172	231	241
	14	100	169	194	204
	28	100	138	184	207

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se mostrará la gráfica N°42, 43, 44 y 45 de comparación de la variación porcentual de todas las resistencias obtenidas a los 28 días de las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8.

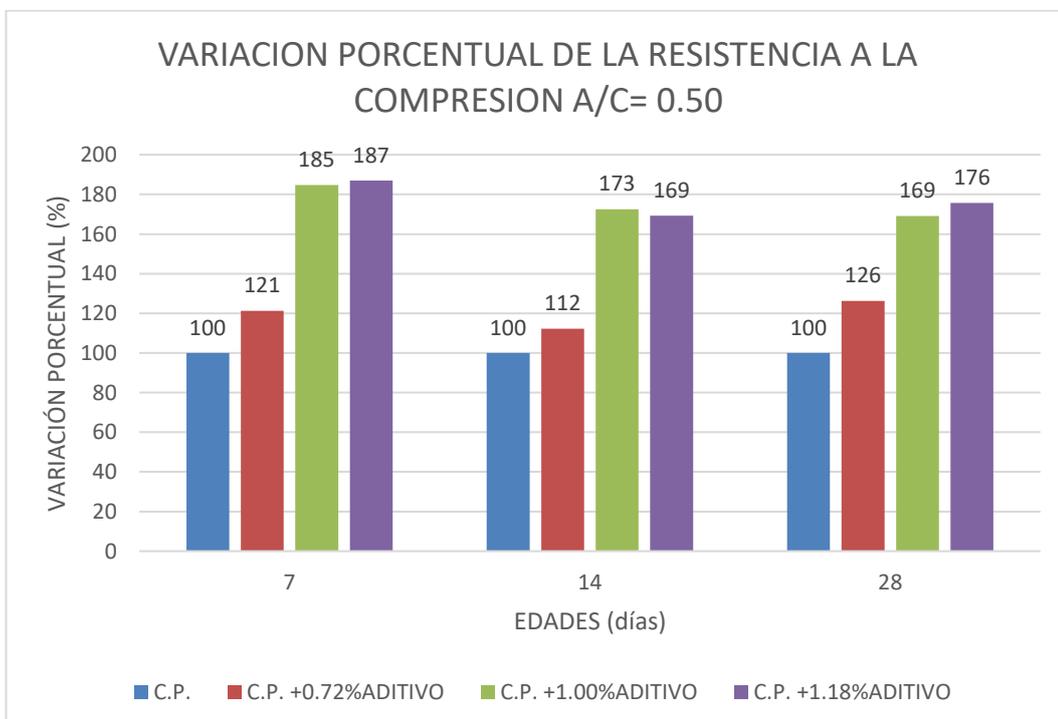


Gráfico N°42: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.5

Fuente: Elaboración propia

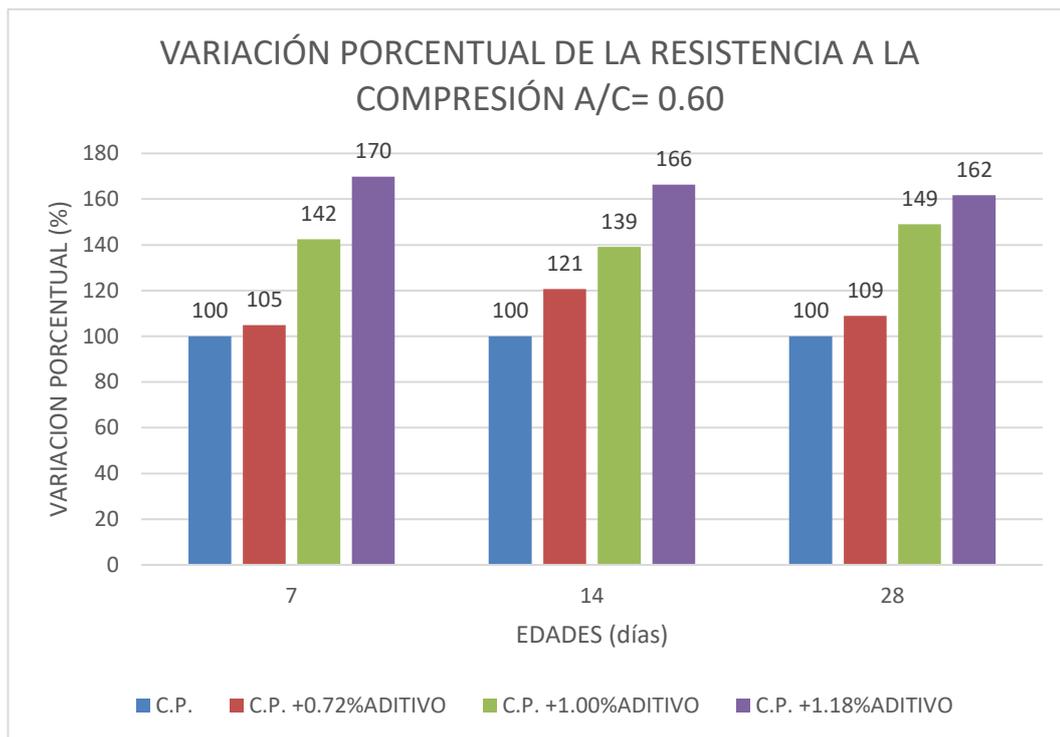


Gráfico N°43: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.6

Fuente: Elaboración propia

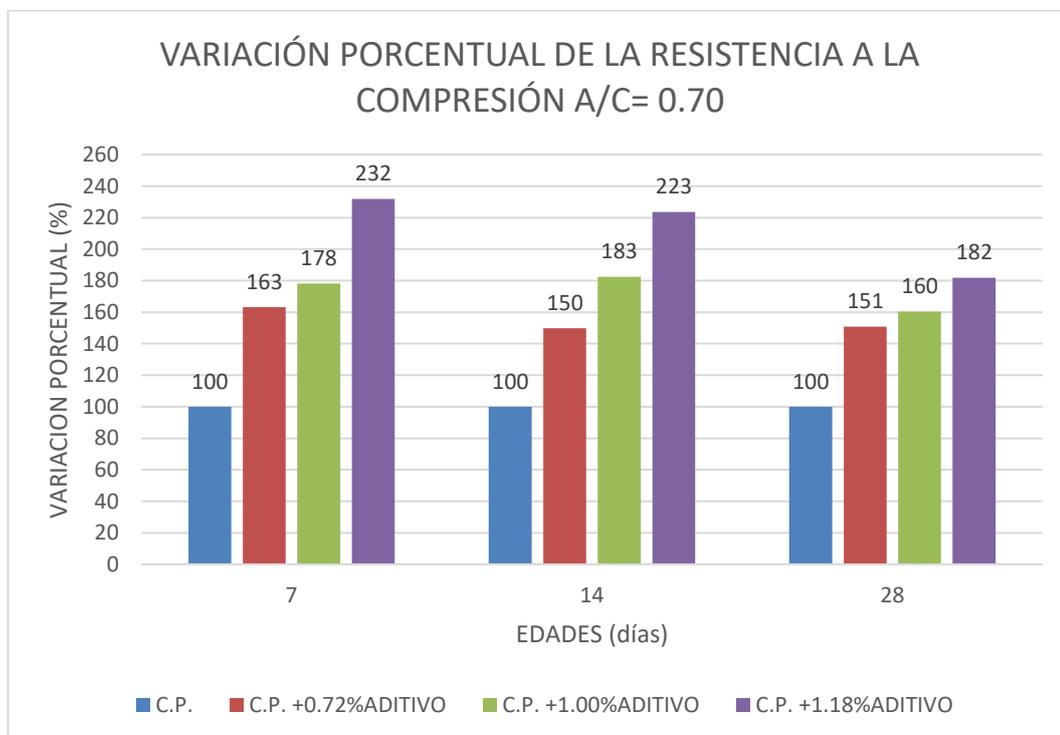


Gráfico N°44: Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.7

Fuente: Elaboración propia

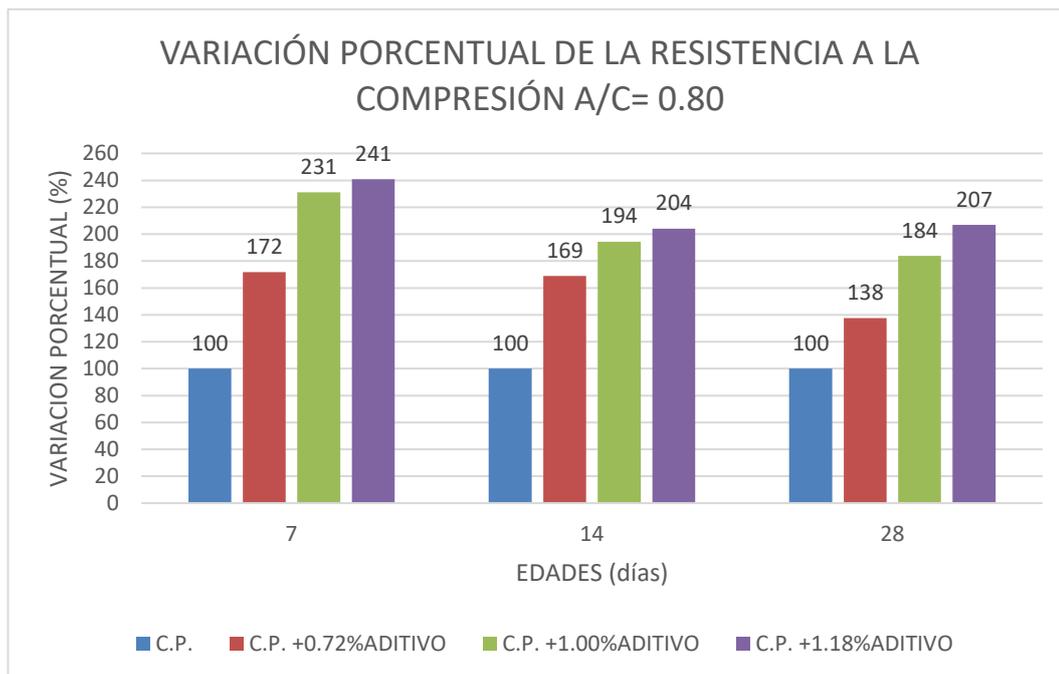


Gráfico N°45 Variación porcentual de la resistencia para la relación a/c=0.8

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Resistencia a la tracción diametral (NTP 339.084)

En este ensayo tenemos al método brasilero, consistiendo romper la probeta entre dos platos de una misma máquina del ensayo a compresión, pero esta vez en contacto con dos piezas de material suave como el triplay o corcho. Para este ensayo es necesario que los extremos diametrales de las probetas estén en contacto con los dos platos de la prensa a compresión.

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:

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

Donde:

- ✓ Q (kg/cm²): Resistencia a la tracción
- ✓ P (kg): Carga de rotura
- ✓ D (cm): Diámetro de probeta ensayada
- ✓ L (cm): Longitud de la probeta cilíndrica

Se presentará una tabla N°70 donde se mostrará los resultados de los ensayos de compresión diametral realizados en el laboratorio para todas las relaciones a/c de 0.50, 0.60, 0.70, 0.80 y las dosificaciones de aditivos a los 28 días conjuntamente con su variación porcentual.

Tabla N°70: Resistencia a la tracción diametral y su variación porcentual

RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL			
relación a/c	Diseño	Tracción (kg/cm ²)	variación (%)
0.5	C.P.	41	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	45	109.76
	C.P. + aditivo 1.00%	46	112.20
	C.P. + aditivo 1.18%	50	121.95
0.6	C.P.	33	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	38	115.15
	C.P. + aditivo 1.00%	39	118.18
	C.P. + aditivo 1.18%	43	130.30
0.7	C.P.	21	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	33	157.14
	C.P. + aditivo 1.00%	39	185.71
	C.P. + aditivo 1.18%	39	185.71
0.8	C.P.	22	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	22	100.00
	C.P. + aditivo 1.00%	33	150.00
	C.P. + aditivo 1.18%	37	168.18

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, en el gráfico N°46 siguiente se presentará la comparación de valores de ensayo a la resistencia por tracción diametral.

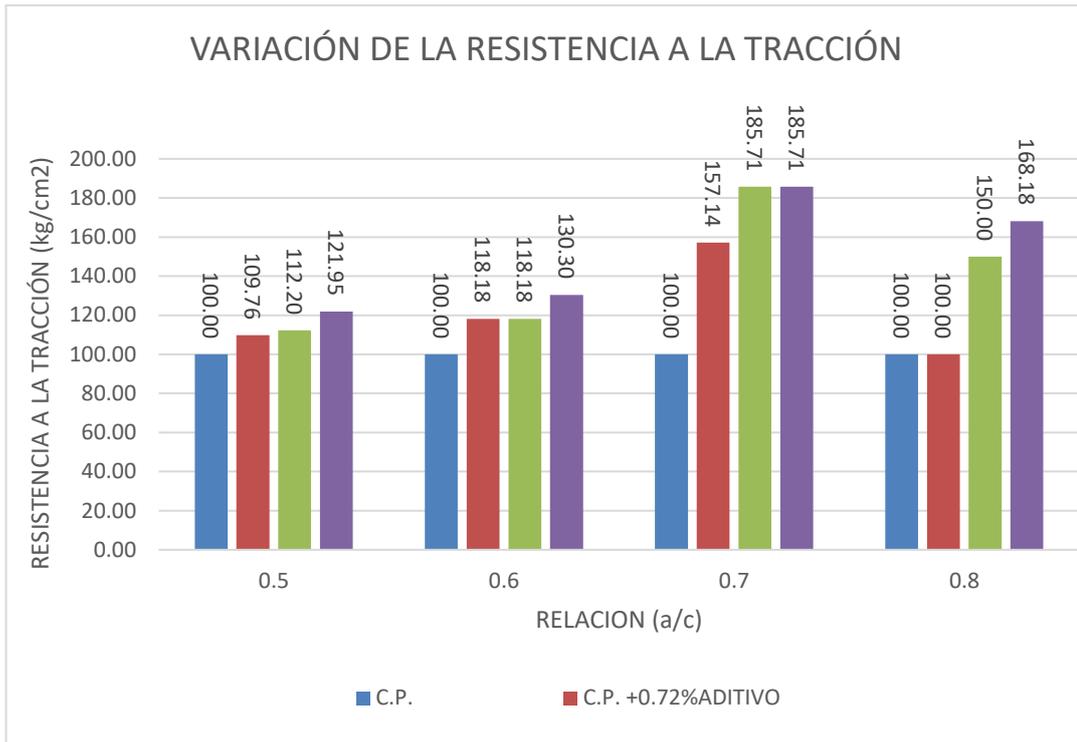


Gráfico N°46: Variación porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral

Fuente: Elaboración propia

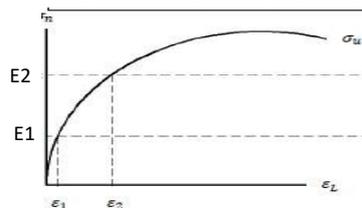
5.2.3. Módulo Elástico (ASMT C469)

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 / m³ 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:

$$M. E. = \frac{E_2 - E_1}{(D_2 - 0.00005)}$$

Donde:



- ✓ E2 (kg/cm²): esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

- ✓ E1 (kg/cm²): esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésimas.
- ✓ D2 (10exp (-4)): Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo E2.

En la tabla N°71 se presenta los resultados del módulo de elástico para cada una de las relaciones a/c y dosificaciones de aditivos ensayadas a los 28 días.

Tabla N°71: Variación del módulo elástico

RESULTADOS DE ENSAYOS DEL MÓDULO ELÁSTICO			
relación a/c	Diseño	módulo de elasticidad (10 ⁵ kg/cm ²)	variación (%)
0.50	C.P.	1.797	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.626	146.08
	C.P. + aditivo 1.00%	2.696	149.97
	C.P. + aditivo 1.18%	2.850	158.55
0.60	C.P.	1.791	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.241	125.12
	C.P. + aditivo 1.00%	2.644	147.63
	C.P. + aditivo 1.18%	2.716	151.68
0.70	C.P.	1.742	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.228	127.87
	C.P. + aditivo 1.00%	2.500	143.52
	C.P. + aditivo 1.18%	2.514	144.30
0.80	C.P.	1.501	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	2.090	139.28
	C.P. + aditivo 1.00%	2.338	155.76
	C.P. + aditivo 1.18%	2.393	159.46

Fuente: Elaboración propia

El cuadro anterior conlleva al siguiente gráfico N°47 donde se apreciará la comparación de los resultados del concreto y las dosificaciones de aditivo.

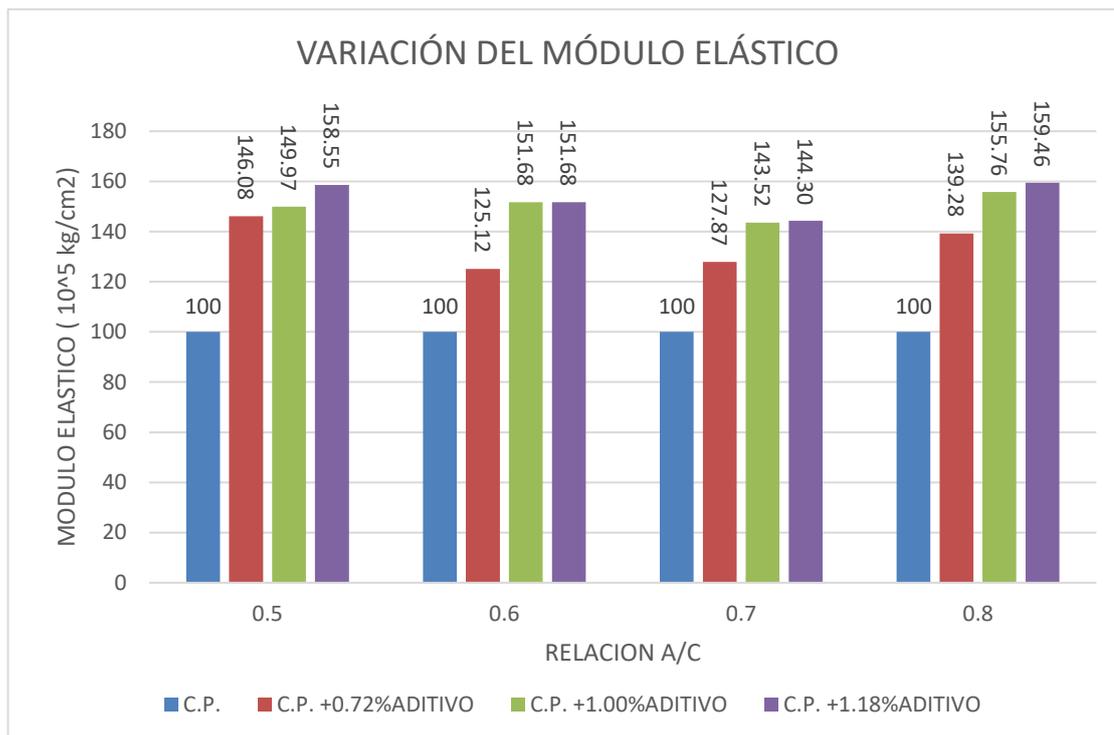


Gráfico N°47: Variación porcentual del módulo elástico

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Ensayo de resistencia a la flexión (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:

Mr: 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 tabla N°72 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.

Tabla N°72: Variación de la resistencia a la flexión

RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	variación (%)
0.5	C.P.	38.547	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	45.945	119.00
	C.P. + aditivo 1.00%	53.258	138.00
	C.P. + aditivo 1.18%	60.987	158.00
0.6	C.P.	33.322	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	42.889	129.00
	C.P. + aditivo 1.00%	47.720	143.00
	C.P. + aditivo 1.18%	52.823	159.00
0.7	C.P.	30.712	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	36.186	118.00
	C.P. + aditivo 1.00%	43.052	140.00
	C.P. + aditivo 1.18%	50.246	164.00
0.8	C.P.	25.899	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	35.278	136.00
	C.P. + aditivo 1.00%	39.308	152.00
	C.P. + aditivo 1.18%	41.050	159.00

Fuente: Elaboración propia

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

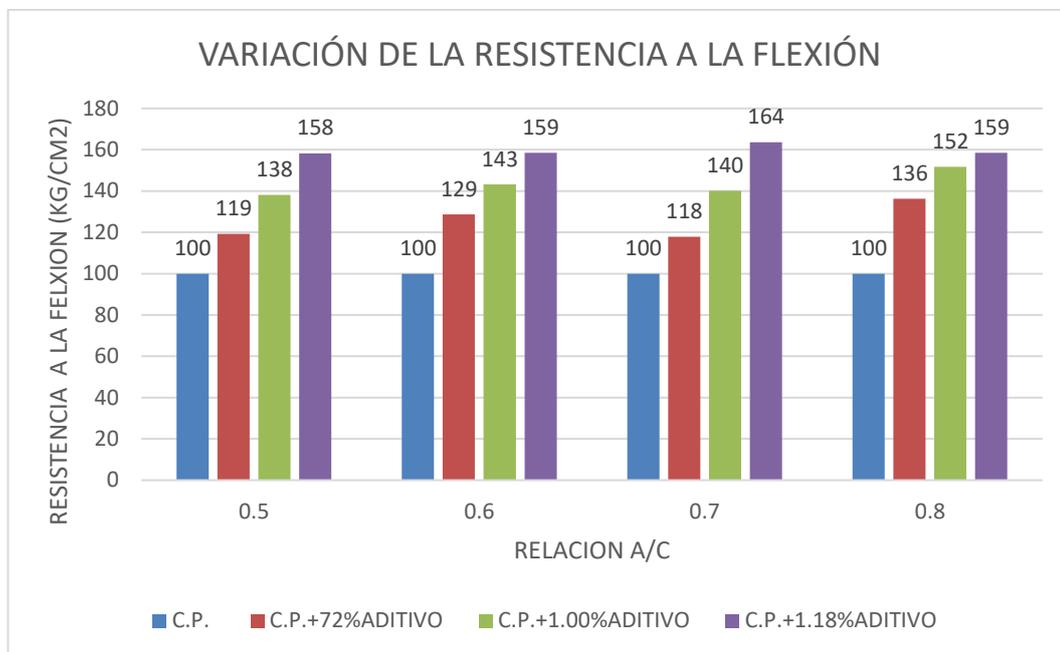


Gráfico N°48: Variación porcentual de la resistencia a la flexión

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizará 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 (0.5, 0.6, 0.7 y 0.80) con la dosificación de aditivos (0.72%, 1.00%, 1.18%) en peso del cemento.

6.1. ANÁLISIS DE AGREGADOS (*NTP-339-037*)

6.1.1. Agregado Fino

El agregado fino pertenece a la cantera TRAPICHE – CARABAYLLO; el cual tiene un módulo de finura de 3.05. Del ensayo de granulometría se obtuvo una curva

que se encuentra en el interior de los límites del Huso indicado en la NTP 400.037 por lo que se puede observar que cumple con los parámetros.

6.1.2. Agregado grueso

El agregado grueso que se usó pertenece a la cantera GLORIA - CHOSICA, el cual tiene un módulo de finura de 7.24. Del ensayo de granulometría se obtuvo una curva que se encuentra en el interior de los límites del Huso 56 (1" - 3/8"), el cual está indicado en la NTP 400.037 por lo que se puede observar que cumple con los parámetros.

6.1.3. Agregado global

Del ensayo de máximo P.U.C realizado para hallar la mejor combinación de agregado fino y grueso se obtuvo 49.2% y 50.8% respectivamente, para ello se usó el software Excel el cual nos permitió graficar y poder visualizar el punto óptimo de la curva. El gráfico N°49 muestra el porcentaje de participación de la arena para el peso unitario compactado máximo del agregado global.

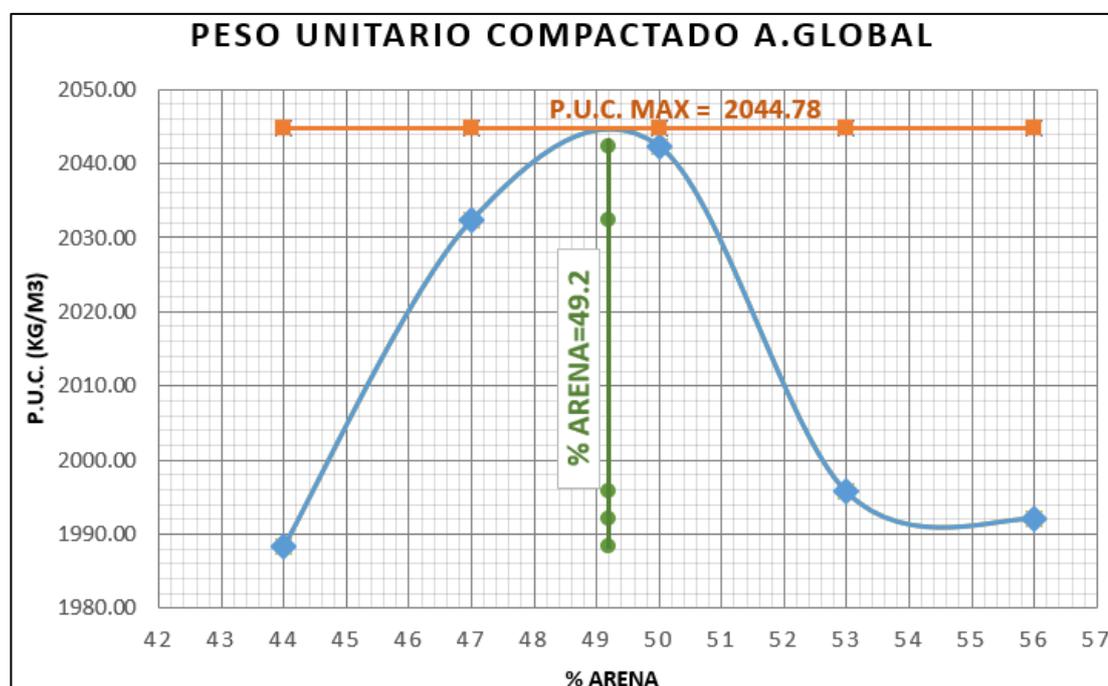


Gráfico N° 49: Peso unitario compactado del agregado global Vs % de arena

Fuente: Elaboración propia

6.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

6.2.1. Consistencia (*NTP-339-035*)

El asentamiento de los diseños abordados en la presente investigación se encuentra en el rango de 6" a 7". Se tuvo que reducir la cantidad de agua con respecto al concreto patrón, al usar las dosificaciones de aditivo MASTER EASE 3900 para las diferentes relaciones agua/cemento, con el fin de conservar el asentamiento requerido (6" a 7"). Los resultados se muestran en la tabla N°73.

Tabla N°73: Asentamiento para cada diseño.

MEZCLA		Asentamiento	Variación respecto al
a/c	DISEÑO	(pulg)	concreto patrón
0.50	Concreto patrón	6.00"	100.00%
	C.aditivo 0.72%	6.60"	110.00%
	C.aditivo 1.00%	6.80"	113.33%
	C.aditivo 1.18%	7.00"	116.67%
0.60	Concreto patrón	6.20"	100.00%
	C.aditivo 0.72%	6.30"	101.61%
	C.aditivo 1.00%	6.70"	108.06%
	C.aditivo 1.18%	6.40"	103.23%
0.70	Concreto patrón	6.10"	100.00%
	C.aditivo 0.72%	6.50"	106.56%
	C.aditivo 1.00%	6.80"	111.48%
	C.aditivo 1.18%	6.20"	101.64%
0.80	Concreto patrón	6.40"	100.00%
	C.aditivo 0.72%	6.60"	103.13%
	C.aditivo 1.00%	6.60"	103.13%
	C.aditivo 1.18%	6.70"	104.69%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Peso unitario (*NTP-339-046*)

Los pesos unitarios ensayados se encuentran dentro del rango de 2300 a 2500 kg/cm², que corresponde a un concreto normal. Los pesos unitarios de los diseños con el mayor contenido de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% del peso del cemento, son 2444 kg/m³, 2450 kg/m³, 2442 kg/m³ y 2418 kg/m³ y los valores del

concreto sin aditivo presenta valores de 2370, 2377, 2352 y 2350 kg/m³ para las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7, y 0.8 respectivamente.

Se verifica un incremento promedio de 3.20% del peso unitario de los diseños con el mayor porcentaje de aditivos con respecto a los concretos patrones para cada relación agua/cemento. Los resultados se muestran en la tabla N°74.

Tabla N°74: Peso unitario para cada diseño.

MEZCLA		Peso unitario	Variación respecto al concreto patrón
a/c	DISEÑO	(kg/m ³)	
0.50	Concreto patrón	2369.70	100.00%
	C.aditivo 0.72%	2405.72	101.52%
	C.aditivo 1.00%	2440.68	103.00%
	C.aditivo 1.18%	2444.39	103.15%
0.60	Concreto patrón	2377.12	100.00%
	C.aditivo 0.72%	2393.54	100.69%
	C.aditivo 1.00%	2412.08	101.47%
	C.aditivo 1.18%	2450.21	103.07%
0.70	Concreto patrón	2352.22	100.00%
	C.aditivo 0.72%	2391.95	101.69%
	C.aditivo 1.00%	2420.55	102.90%
	C.aditivo 1.18%	2441.74	103.81%
0.80	Concreto patrón	2350.11	100.00%
	C.aditivo 0.72%	2390.89	101.74%
	C.aditivo 1.00%	2411.02	102.59%
	C.aditivo 1.18%	2418.43	102.91%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Fluidez (**NTP-339-085**)

De los ensayos de fluidez de los diseños con aditivo MASTER EASE 3900, se observa que la máxima variación es 38.30 % con respecto al concreto patrón, y esta se obtiene para la relación a/c 0.5, y la mínima variación es 9.20% con respecto al concreto patrón, y esta se obtiene para la relación a/c 0.5. Se observa

que estas variaciones están vinculadas directamente a los valores de asentamiento obtenidos.

Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se aumenta el porcentaje de aditivo se incrementa la fluidez. Los resultados se muestran en la tabla N°75.

Tabla N°75: Fluidez para cada diseño.

MEZCLA		Fluidez	Variación respecto al concreto patrón
a/c	DISEÑO	(%)	
0.50	Concreto patrón	71.90%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	83.30%	115.86%
	C.aditivo 1.00%	99.40%	138.25%
	C.aditivo 1.18%	78.50%	109.18%
0.60	Concreto patrón	68.90%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	80.60%	116.98%
	C.aditivo 1.00%	93.90%	136.28%
	C.aditivo 1.18%	90.00%	130.62%
0.70	Concreto patrón	77.40%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	92.90%	120.03%
	C.aditivo 1.00%	99.60%	128.68%
	C.aditivo 1.18%	89.70%	115.89%
0.80	Concreto patrón	81.90%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	91.30%	111.48%
	C.aditivo 1.00%	100.90%	123.20%
	C.aditivo 1.18%	94.40%	115.26%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. Contenido de aire (**NTP-339-080**)

El contenido de aire ensayado se encuentra dentro del rango de 0.7% a 1.5%. El contenido de aire de los diseños con el mayor porcentaje de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18 % del peso del cemento, muestran los valores en el rango de 1.30% a 1.50% y el concreto patrón presenta valores en el rango de 0.70% a 1.00% para las diferentes relaciones agua/cemento. Verificándose de los

resultados obtenidos que a medida que se aumenta el porcentaje de aditivo se incrementa el contenido de aire. Los resultados se muestran en la tabla N°76.

Tabla N°76: Contenido de aire para cada diseño.

MEZCLA		Contenido de aire	Variación respecto al concreto patrón
a/c	DISEÑO	(%)	
0.50	Concreto patrón	0.80%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	1.00%	125.00%
	C.aditivo 1.00%	1.10%	137.50%
	C.aditivo 1.18%	1.40%	175.00%
0.60	Concreto patrón	0.90%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	1.00%	111.11%
	C.aditivo 1.00%	1.20%	133.33%
	C.aditivo 1.18%	1.30%	144.44%
0.70	Concreto patrón	0.70%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	0.90%	128.57%
	C.aditivo 1.00%	1.00%	142.86%
	C.aditivo 1.18%	1.30%	185.71%
0.80	Concreto patrón	1.00%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	1.10%	110.00%
	C.aditivo 1.00%	1.20%	120.00%
	C.aditivo 1.18%	1.50%	150.00%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5. Exudación (**NTP-339-077**)

La exudación ensayada se encuentra dentro del rango de 0% a 3%. El contenido de exudación de los diseños con el mayor porcentaje de aditivo (1.18% del peso del cemento) MASTER EASE 3900, muestran los valores de 0.10%, 0.13%, 0.23% y 0.90% y el concreto patrón presenta valores de 0.90%, 0.81%, 1.84% y 2.85% para las relaciones a/c de 0.50, 0.60, 0.70 y 0.80 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se agrega aditivo, disminuyen el contenido de exudación en un promedio de 82% respecto al concreto patrón justificándose con la disminución de agua que provoca el aditivo. Los resultados se muestran en la tabla N°77.

Tabla N°77: Exudación para cada diseño.

MEZCLA		Exudación	Variación respecto al
a/c	DISEÑO	(%)	concreto patrón
0.50	Concreto patrón	0.90%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	0.30%	33.54%
	C.aditivo 1.00%	0.20%	21.69%
	C.aditivo 1.18%	0.10%	11.07%
0.60	Concreto patrón	0.81%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	0.44%	54.01%
	C.aditivo 1.00%	0.13%	16.50%
	C.aditivo 1.18%	0.13%	15.59%
0.70	Concreto patrón	1.84%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	0.73%	39.93%
	C.aditivo 1.00%	0.68%	36.83%
	C.aditivo 1.18%	0.23%	12.57%
0.80	Concreto patrón	2.85%	100.00%
	C.aditivo 0.72%	2.04%	71.75%
	C.aditivo 1.00%	1.36%	47.59%
	C.aditivo 1.18%	0.90%	31.56%

Fuente: Elaboración propia.

6.2.6. Tiempo de fragua (**NTP-339-082**)

- Tiempo de fragua inicial; los diseños con mayor porcentaje de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo, muestran los valores de 6h:28min, 6h:42min y 6h:48min y 6h:56min, el concreto sin aditivo (patrón) presenta los siguientes valores 4h:08min, 4h:26min, 5h:05min, 5h:26min y 6h:56min para las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8 respectivamente. Verificándose de los resultados obtenidos que a medida que se aumenta la cantidad de aditivo se incrementa el tiempo de fragua inicial un valor promedio de 30.50%.
- Tiempo de fragua final, los diseños con mayor porcentaje de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% de aditivo muestran los valores de 7h: 38min, 7h: 52min, 7h:59min, 8h: 05min y el concreto sin aditivo (patrón) presenta los siguientes valores 5h:48min, 5h:05min, 5h:26min y 5h:49min para las relaciones a/c de 0.5,

0.6, 0.7 y 0.8 respectivamente. Verificándose de los resultados obtenidos que a medida que se aumenta la cantidad de aditivo se incrementa el tiempo de fragua final en un valor promedio de 30.50%. Los resultados se muestran en la tabla N°78.

Tabla N°78: Tiempo de fragua inicial y final para cada diseño.

MEZCLA		Tiempo de fragua inicial		Tiempo de fragua final	
a/c	DISEÑO	T.F.I.	Variación respecto al concreto patrón	T.F.F.	Variación respecto al concreto patrón
		(h:min)		(h:min)	
0.50	Concreto patrón	04h:26min	100.00%	05h:48min	100.00%
	C.aditivo 0.72%	05h:18min	119.55%	06h:45min	116.38%
	C.aditivo 1.00%	05h:41min	128.20%	07h:05min	122.13%
	C.aditivo 1.18%	06h:28min	145.86%	07h:38min	131.61%
0.60	Concreto patrón	05h:05min	100.00%	06h:38min	100.00%
	C.aditivo 0.72%	05h:37min	110.49%	07h:03min	106.28%
	C.aditivo 1.00%	05h:58min	117.38%	07h:20min	110.55%
	C.aditivo 1.18%	06h:42min	131.80%	07h:52min	118.59%
0.70	Concreto patrón	05h:26min	100.00%	06h:45min	100.00%
	C.aditivo 0.72%	05h:39min	103.99%	07h:07min	105.43%
	C.aditivo 1.00%	06h:03min	111.35%	07h:24min	109.63%
	C.aditivo 1.18%	06h:48min	125.15%	07h:59min	118.27%
0.80	Concreto patrón	05h:49min	100.00%	06h:59min	100.00%
	C.aditivo 0.72%	05h:50min	100.29%	07h:12min	103.10%
	C.aditivo 1.00%	06h:08min	105.44%	07h:29min	107.16%
	C.aditivo 1.18%	06h:56min	119.20%	08h:05min	115.75%

Fuente: Elaboración propia.

6.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

6.3.1. Resistencia a la compresión (**NTP-339-034**)

La resistencia a la compresión axial a los 28 días de los diseños con el mayor porcentaje de aditivo (1.18% del peso del cemento) MASTER EASE 3900, muestran los valores de 636, 508, 418, 331 kg/cm² y el concreto sin aditivo (patrón) presenta las siguientes resistencias 362, 314, 230, 160 kg/cm² para la

relación a/c de 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 respectivamente. Realizando la comparación en términos porcentuales se obtiene los valores 176%, 162%, 182% y 207% con respecto al concreto patrón para las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 respectivamente.

Las resistencias a las edades de 7,14 y 28 días para las diferentes relaciones agua/cemento (0.5, 0.6, 0.7 y 0.8) y dosificaciones de aditivo (0.72%, 1.00% y 1.18%) se muestran en los gráficos N°50, 51, 52 y 53.

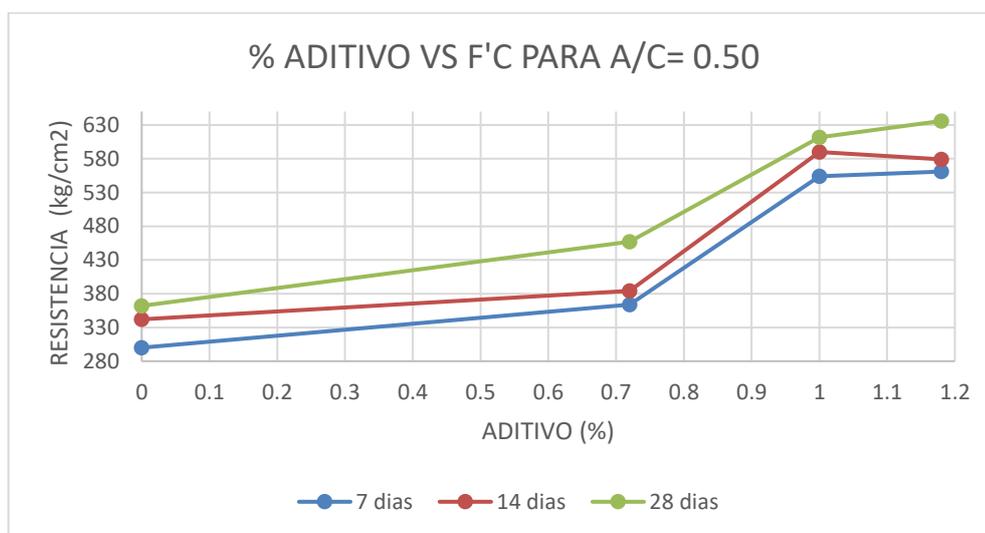


Gráfico N°50: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.50

Fuente: Elaboración propia

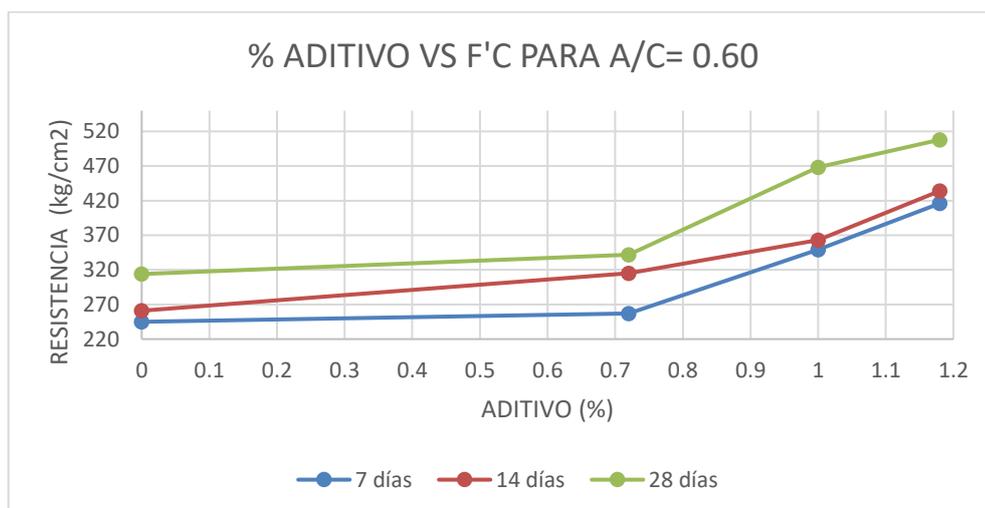


Gráfico N°51: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.60

Fuente: Elaboración propia

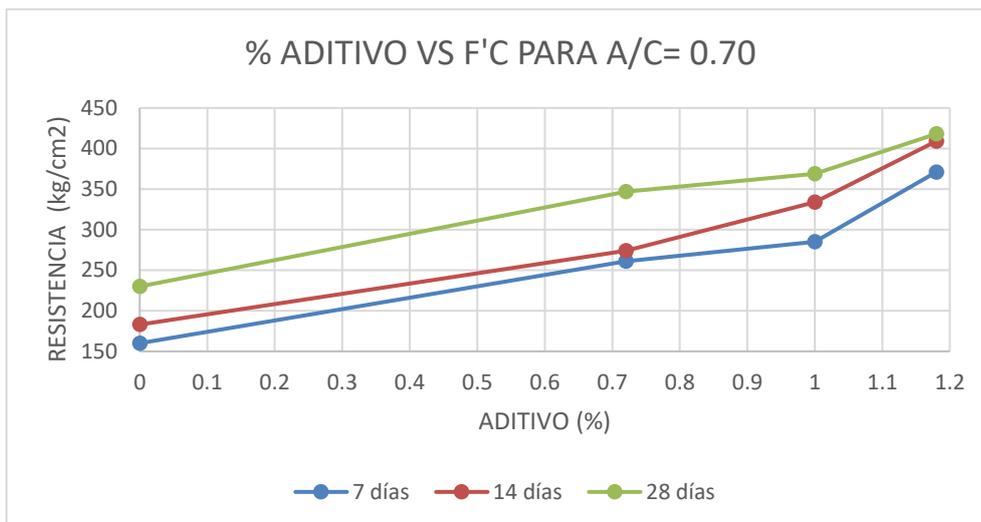


Gráfico N°5492: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.70

Fuente: Elaboración propia

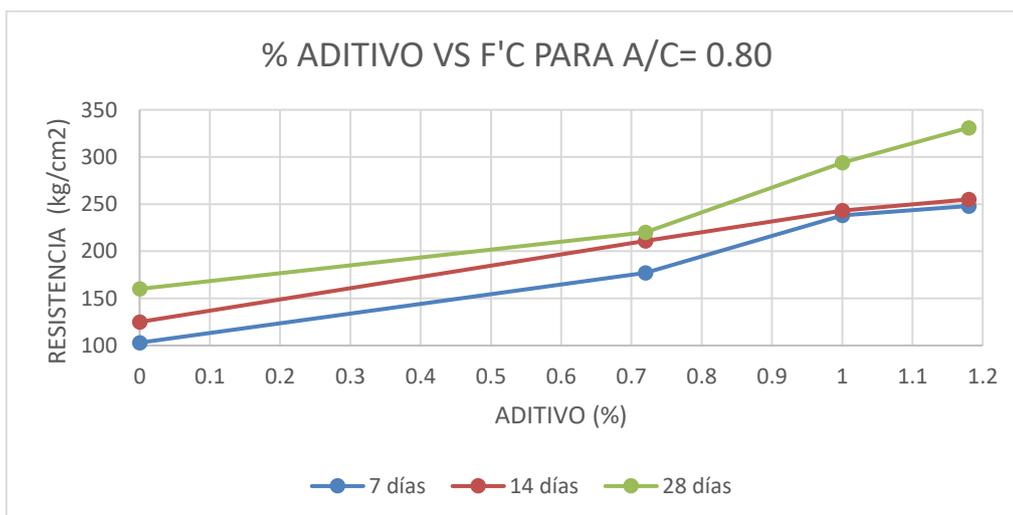


Gráfico N°53: Análisis de resistencia a la compresión de la relación a/c=0.80

Fuente: Elaboración propia

De los gráficos N°50, 51, 52 y 53, se observa que las resistencias a la compresión axial de las muestras con aditivo superplastificante MASTER EASE 3900, son mayores a los del concreto patrón para las edades de 7,14 y 28 días. Este aumento de la resistencia se puede explicar por la gran capacidad reductora de agua del aditivo MASTER EASE 3900.

6.3.2. Resistencia a la tracción (**NTP-339-084**)

Para las relaciones agua/cemento estudiadas se obtiene de la tabla N°70 y gráfico N°46 lo siguiente:

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.50, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan las siguientes resistencias a la compresión diametral; 45, 46 y 50 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (41 kg/cm²), se obtiene 110%, 112% y 122% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.60, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan las siguientes resistencias a la compresión diametral; 38, 39, 43 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (33 kg/cm²), se obtiene 115%, 118% y 130% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.70, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan las siguientes resistencias a la compresión diametral; 33, 39, 39 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (21 kg/cm²), se obtiene 157%, 185% y 185% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.80, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan las siguientes resistencias a la compresión diametral; 22, 33, 37 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (21 kg/cm²), se obtiene 100%, 150% y 168% respectivamente.

6.3.3. Modulo Elástico (**ASTM C469**)

Para las relaciones agua/cemento estudiadas se obtiene de la tabla N°71 y gráfico N°47 lo siguiente:

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.50, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos elásticos; $2.63 \cdot 10^5$, $2.70 \cdot 10^5$ y $2.85 \cdot 10^5$ kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto

patrón (módulo elástico $1.80 \cdot 10^5$ kg/cm²), se obtiene 146%, 150% y 159% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.60, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos elásticos; $2.24 \cdot 10^5$, $2.64 \cdot 10^5$ y $2.72 \cdot 10^5$ kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo elástico $1.79 \cdot 10^5$ kg/cm²), se obtiene 125%, 148% y 152% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.70, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos elásticos; $2.23 \cdot 10^5$, $2.50 \cdot 10^5$ y $2.51 \cdot 10^5$ kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo elástico $1.74 \cdot 10^5$ kg/cm²), se obtiene 128%, 144% y 144% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.80, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos elásticos; $2.09 \cdot 10^5$, $2.34 \cdot 10^5$ y $2.39 \cdot 10^5$ kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo elástico $1.50 \cdot 10^5$ kg/cm²), se obtiene 139%, 156% y 159% respectivamente.

6.3.4. Resistencia a la flexión (**NTP-339-078**)

Para las relaciones agua/cemento estudiadas se obtiene de la tabla N°72 y gráfico N°48 lo siguiente:

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.50, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos de flexión; 46, 53 y 61 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo de flexión 39 kg/cm²), se obtiene 119%, 138% y 158% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.60, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos de flexión; 43, 58 y 53 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo de flexión 33 kg/cm²), se obtiene 129%, 143% y 159% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.70, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos de flexión; 36, 43 y 50 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo de flexión 31 kg/cm²), se obtiene 118%, 140% y 164% respectivamente.

Para la edad de 28 días y relación agua/cemento 0.80, los diseños con las dosificaciones de aditivos de 0.72%, 1.00% y 1.18% del peso del cemento, presentan los siguientes módulos de flexión; 35, 39 y 41 kg/cm² respectivamente. Comparando estos resultados con respecto al concreto patrón (módulo de flexión 26 kg/cm²), se obtiene 136%, 152% y 159% respectivamente.

6.4. ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA

La reducción de la cantidad de agua de los diseños con el mayor contenido de aditivo MASTER EASE 3900 de 1.18% del peso del cemento, muestran los valores de 26%, 30%, 27%, 20% para la relación a/c de 0.50, 0.60, 0.70, 0.80 respectivamente. Verificándose que los resultados obtenidos a medida que se agrega aditivo, presentan una reducción de agua en promedio de 25.80% con respecto al agua del concreto patrón.

Se mostrará en el tabla N°79 el comportamiento de los datos obtenidos mencionados líneas arriba.

Tabla N°79: Variación de la reducción de la cantidad de agua

a/c	% de aditivo	agua de diseño (Lt)	reducción de agua (Lt)	variación con respecto al concreto patrón (%)
0.5	0.00	222.43	0.00	0.00
	0.72	200.40	22.04	9.91
	1.00	173.23	49.21	22.12
	1.18	165.45	56.98	25.62
0.6	0.00	213.40	0.00	0.00
	0.72	183.85	29.55	13.85
	1.00	165.89	47.51	22.26
	1.18	149.88	63.52	29.76
0.7	0.00	204.37	0.00	0.00
	0.72	174.79	29.58	14.47
	1.00	171.38	32.99	16.14
	1.18	148.59	55.78	27.29
0.8	0.00	199.36	0.00	0.00
	0.72	183.95	15.41	7.73
	1.00	171.33	28.03	14.06
	1.18	159.20	40.16	20.14

Fuente: Elaboración propia

6.5. ANÁLISIS DE COSTOS

Se analizará el costo beneficio que genera el aditivo MASTER EASE 3900 en los diseños de concreto.

Este análisis toma el costo generado en la producción de concreto (sin aditivo y con aditivo) y la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días los cuales son expresados en soles y kg/cm² respectivamente.

Se toma como medida 1m³ de concreto para el análisis de costos tomando como referencia la procedencia de los materiales usados y su respectivo costo en el mercado, siendo estos los siguientes:

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

Para el presente análisis de costos solo se está considerando los precios de materiales.

El costo de este análisis se detalla en el Anexo IV y precios correspondientes a mayo 2022

En la siguiente tabla N°80 se muestra los costos y su variación con respecto al concreto patrón para cada diseño estudiado en la presente investigación.

Tabla N°80: Variación de los costos con respecto al concreto patrón

VARIACIÓN DE COSTOS PARA CADA RELACIÓN A/C			
relación a/c	Diseño	Costos por cada 1m3 (S./.)	variación (%)
0.5	C.P.	270.28	100
	C.P. + aditivo 0.72%	299.55	111
	C.P. + aditivo 1.00%	311.54	115
	C.P. + aditivo 1.18%	318.81	118
0.6	C.P.	223.64	100
	C.P. + aditivo 0.72%	247.75	111
	C.P. + aditivo 1.00%	257.17	115
	C.P. + aditivo 1.18%	263.43	118
0.7	C.P.	190.45	100
	C.P. + aditivo 0.72%	210.62	111
	C.P. + aditivo 1.00%	217.84	114
	C.P. + aditivo 1.18%	223.42	117
0.8	C.P.	168.10	100
	C.P. + aditivo 0.72%	184.99	110
	C.P. + aditivo 1.00%	191.60	114
	C.P. + aditivo 1.18%	196.02	117

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°54 se muestra la comparación de los resultados de los costos obtenidos con referencia al concreto patrón.

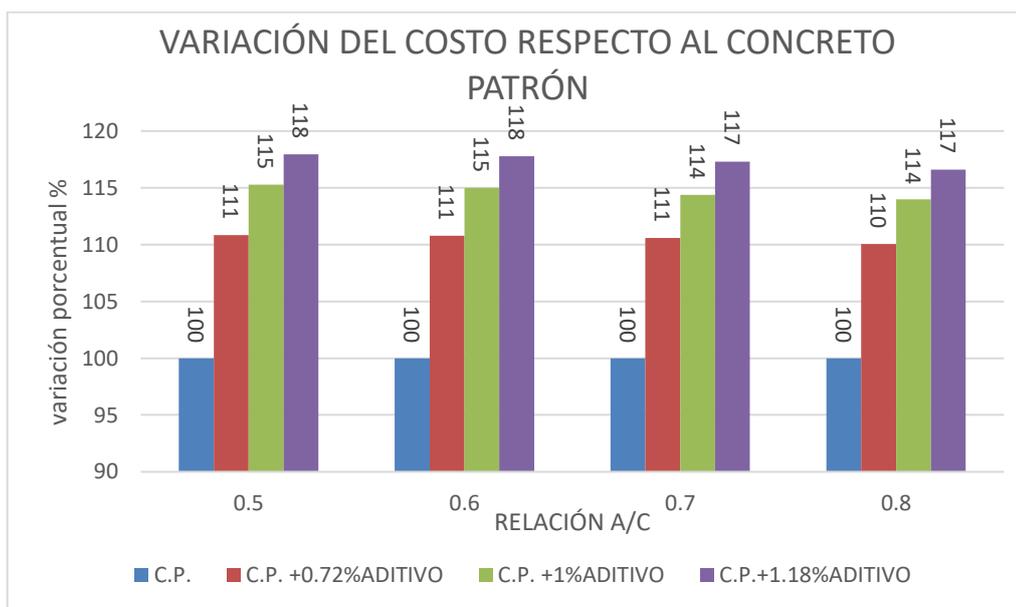


Gráfico N°54: Análisis comparativo de los costos respecto al concreto patrón

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla N°81 se muestran los resultados de las resistencias a compresión axial y su variación porcentual con respecto al concreto patrón para cada diseño estudiado en la presente investigación.

Tabla N°81: Variación de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA CADA RELACIÓN A/C			
relación a/c	Diseño	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	variación (%)
0.5	C.P.	362	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	457	126.24
	C.P. + aditivo 1.00%	612	169.06
	C.P. + aditivo 1.18%	636	175.69
0.6	C.P.	314	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	342	108.92
	C.P. + aditivo 1.00%	468	101.00
	C.P. + aditivo 1.18%	508	161.78
0.7	C.P.	230	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	347	150.87
	C.P. + aditivo 1.00%	369	101.00
	C.P. + aditivo 1.18%	418	181.74
0.8	C.P.	160	100.00
	C.P. + aditivo 0.72%	220	137.50
	C.P. + aditivo 1.00%	294	101.00
	C.P. + aditivo 1.18%	331	206.88

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°82 nos muestra la relación beneficio-costos en la cual se relacionan el costo de 1m³ de concreto (sin aditivo y con aditivo) con la resistencia a la compresión obtenida por este. Dividiendo los resultados de las tablas N°80 y N°81 se obtiene el costo del concreto por cada kg/cm².

Tabla N°82 Costo del concreto por cada kg/cm2

a/c	COMPARACION DE COSTO - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
	C.P.	C.P. + aditivo 0.72%	C.P. + aditivo 1.00%	C.P. + aditivo 1.18%
0.5	0.75	0.66	0.51	0.50
0.6	0.71	0.72	0.55	0.52
0.7	0.83	0.61	0.59	0.53
0.8	1.05	0.84	0.65	0.59

Fuente: Elaboración propia.

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

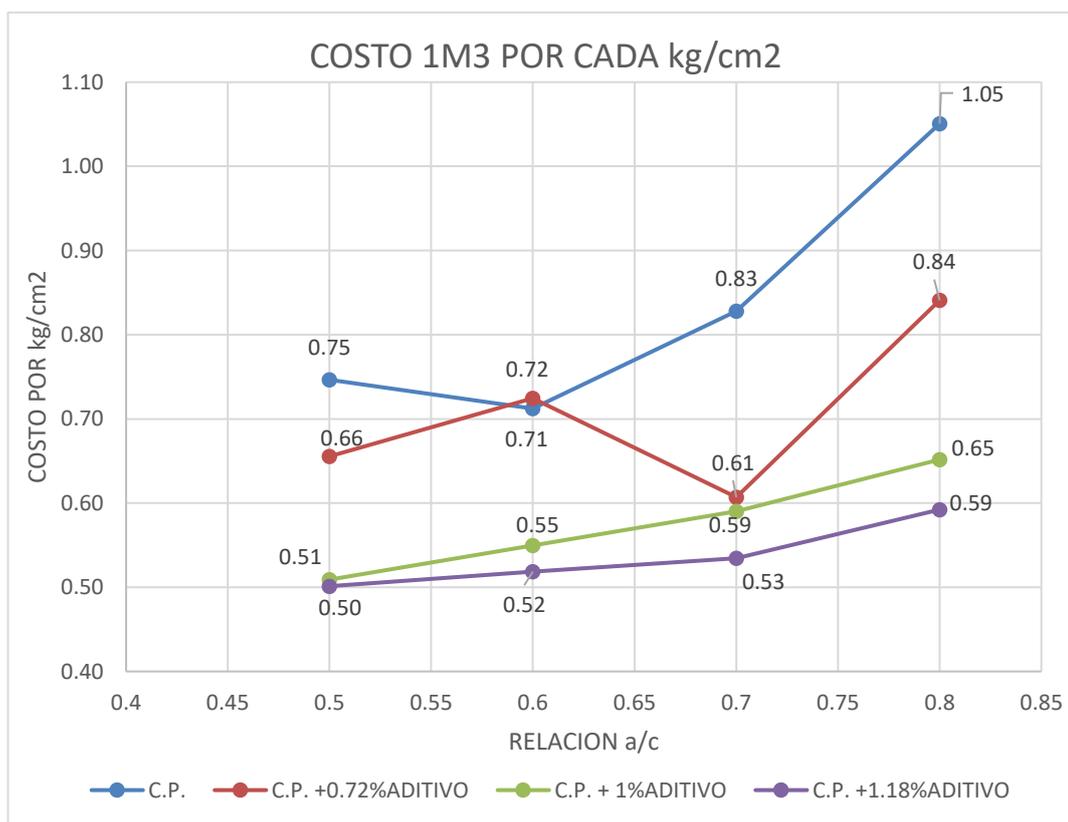


Gráfico N°55: Resumen de costos por cada kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

6.6. ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTRAS INVESTIGACIONES

En el caso del análisis comparativo de costos entre otras investigaciones similares se basó para 1m³ de concreto. Las investigaciones tomadas para la comparación se presentan en la tabla N°83 que se presenta a continuación:

Tabla N°83 Cuadro comparativo de investigaciones

	TITULO DE TESIS	CEMENTO	ADITIVO
X	Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua.	Sol tipo I	MasterEase 3900
A	Análisis de las propiedades del concreto de mediana a alta resistencia, con aditivo superplastificante y cemento portland tipo I Autor: Edwin Hilario Villaca	Quisqueya	Chema super plast
B	Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en Huancayo Autor: Jhonathan Mayta Rojas	Andino	Rheobuild ve
C	Estudio del concreto de mediana a alta resistencia variando el tamaño del agregado de tipo canto rodado de rio, usando aditivo superplastificante de fraguado normal Autor: David Vargas Enríquez	Sol tipo I	Euco 37 (Química Suiza S.A.)

Fuente: Elaboración propia

La tesis como punto de comparación en la presente tesis: “Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”, la cual será tesis de variable “X”. En la siguiente tabla N°84 se muestra los elementos a comparar.

Tabla N°84 Cuadro elementos de comparación

	TITULO DE TESIS	a/c	ADITIVO	CANTIDAD	DIAS
X	MasterEase 3900	0.50	1%	1M3	28
A	Chema Super Plast	0.50	1%	1M3	28
B	Rhreobuild ve	0.50	1%	1M3	28
C	Euco 37 (Química Suiza S.A.)	0.50	1%	1M3	28

Fuente: Elaboración propia

En base a los precios referenciales del año de mayo 2022, se realiza la siguiente tabla N°85 y grafica N°56, se compara costos entre los diseños y aditivos utilizados en las propuestas de variables X, A, B, C.

Tabla N°85 Cuadro comparativo de costos y resistencias logradas

ADITIVO USADO	cantidad por 1m3		Cantidad	costo	Costo Parcial	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
	Material	D.O (kg)	Equivalente	Unitario	(soles)	
MasterEase 3900	Cemento	446.000	10.494	S/ 23.00	S/ 241.36	612 kg/cm ²
	Agua	173.228	0.173	S/ 1.50	S/ 0.26	
	Arena	839.936	0.347	S/ 40.00	S/ 13.88	
	Piedra	951.133	0.348	S/ 50.00	S/ 17.42	
	Aditivo	4.460	1.073	S/ 36.00	S/ 38.61	
	Costo total para 1m3 de concreto (soles)						S/ 311.54
Chema Super Plast	Cemento	494.000	11.62 bls	S/ 23.00	S/ 267.26	455.61 kg/cm ²
	Agua	216.249	0.22 m ³	S/ 1.50	S/ 0.33	
	Arena	791.914	0.47 m ³	S/ 40.00	S/ 18.80	
	Piedra	808.859	0.58 m ³	S/ 50.00	S/ 29.00	
	Aditivo	4.940	1.09 gal	S/ 33.00	S/ 35.97	
	Costo total para 1m3 de concreto (soles)						S/ 351.36
Rheobuild ve	Cemento	494.000	11.62 bls	S/ 23.00	S/ 267.26	443.00 kg/cm ²
	Agua	216.249	0.22 m ³	S/ 1.50	S/ 0.33	
	Arena	791.914	0.47 m ³	S/ 40.00	S/ 18.80	
	Piedra	808.859	0.58 m ³	S/ 50.00	S/ 29.00	
	Aditivo	4.940	1.09 gal	S/ 38.00	S/ 41.42	
	Costo total para 1m3 de concreto (soles)						S/ 356.81
Euco 37	Cemento	494.000	11.62 bls	S/ 23.00	S/ 267.26	395.00 kg/cm ²
	Agua	216.249	0.22 m ³	S/ 1.50	S/ 0.33	
	Arena	791.914	0.47 m ³	S/ 40.00	S/ 18.80	
	Piedra	808.859	0.58 m ³	S/ 50.00	S/ 29.00	
	Aditivo	4.940	1.09 gal	S/ 28.00	S/ 30.52	
	Costo total para 1m3 de concreto (soles)						S/ 345.91

Fuente: Elaboración propia

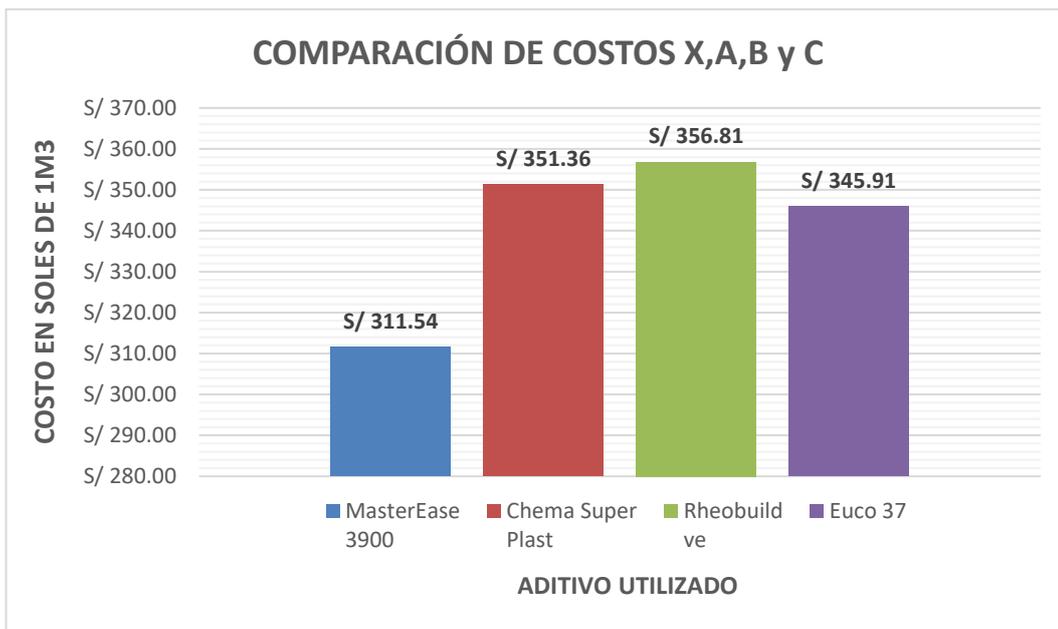


Gráfico N°56: Comparación de costos con otras investigaciones

Fuente: Elaboración propia

6.6.1. Análisis de costos de un diseño de concreto sin aditivo de resistencia a la compresión $f'c = 612 \text{ kg/cm}^2$.

Para la presente investigación se tomará la resistencia a la compresión de 612 kg/cm^2 , el cual se logra para la relación agua/cemento = 0.50, con un porcentaje de aditivo de 1.00% del peso del cemento. Adicionalmente se realizó un diseño teórico de un concreto sin aditivo, diferente al patrón, con la misma resistencia mencionada con lo cual se realizó una comparación de costos.

Para obtener la relación agua/cemento y la cantidad de agua de este diseño sin aditivo, se realizó un ajuste lineal con los datos obtenidos de esta investigación, el cual se muestra en la tabla N°86.

Tabla N°86 Datos de relación a/c, agua y $f'c$

a/c	Agua	$f'c$
	(Lt)	(kg/cm^2)
0.50	223	362.00
0.60	214	314.00
0.70	205	230.00
0.80	200	160.00

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°57 se muestra el ajuste lineal con las variables agua/cemento y resistencia a la compresión (f'c) a la edad de 28 días.

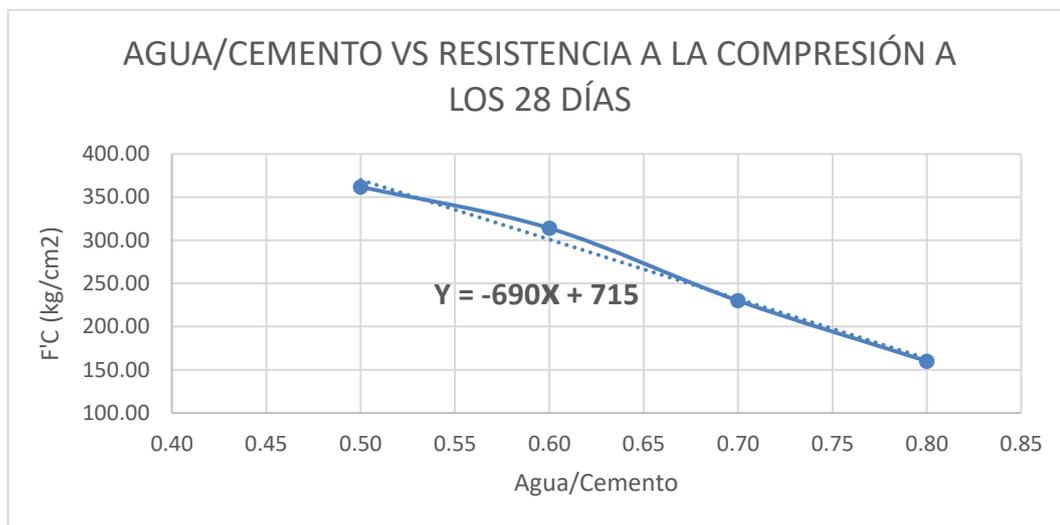


Gráfico N°57: Ajuste lineal de las variables a/c y f'c (kg/cm²)

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°58 se muestra el ajuste lineal con las variables agua de diseño y resistencia a la compresión (f'c) a la edad de 28 días.

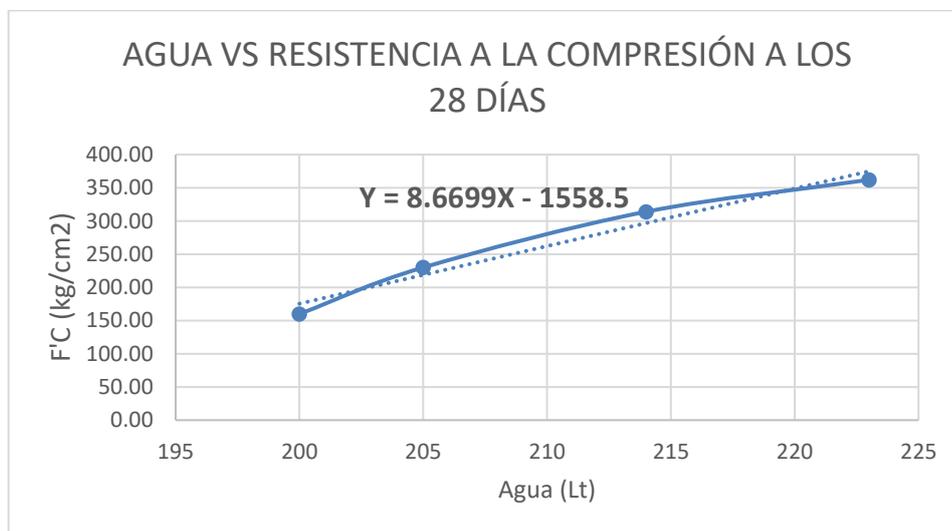


Gráfico N°58: Ajuste lineal de las variables agua de diseño y f'c (kg/cm²)

Fuente: Elaboración propia

De los gráficos N°57 y N°58 se obtienen los siguientes datos

- Agua/cemento (a/c) = 0.15
- Agua de diseño = 250 Lt

La tabla N°87 muestra los costos del concreto sin aditivo para la relación agua/cemento = 0.15 y resistencia a la compresión $f'c = 612 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla N°87 Costo del concreto para la relación $a/c = 0.15$

A/C=0.15						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
SIN ADITIVO	cemento	1666.67	bls	39.216	23.00	901.96
	agua	249.81	m3	0.250	1.50	0.37
	arena	257.70	m3	0.106	40.00	4.26
	piedra	285.37	m3	0.105	50.00	5.23
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)					S/ 911.82

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N°88 muestra los costos del concreto con aditivo de 1.00% del peso del cemento para la relación agua/cemento = 0.50 y resistencia a la compresión $f'c = 612 \text{ kg/cm}^2$

Tabla N°88 Costo del concreto para la relación $a/c = 0.50$

A/C=0.50						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
C. Patrón + 1.00% aditivo	cemento	446.00	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	173.23	m3	0.173	1.50	0.26
	arena	839.94	m3	0.347	40.00	13.88
	piedra	951.13	m3	0.348	50.00	17.42
	aditivo	4.46	gal	1.073	36.00	38.61
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)					S/ 311.54

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°89 y gráfico N°59 se muestra la variación de costos de los diseños de la tabla N°87 y tabla N°88, en donde se evidencia que el diseño sin aditivo es más costoso que el diseño con aditivo superplastificante en 192.68% o su equivalente 600.28 soles

Tabla N°89 Variación de costos en porcentajes

VARIACIÓN DE COSTOS			
relación a/c	Diseño	Costos por cada 1m3 (S/.)	variación (%)
0.15	Concreto sin aditivo	911.82	192.68%
0.50	C.P. + aditivo 1.18%	311.54	

Fuente: Elaboración propia.

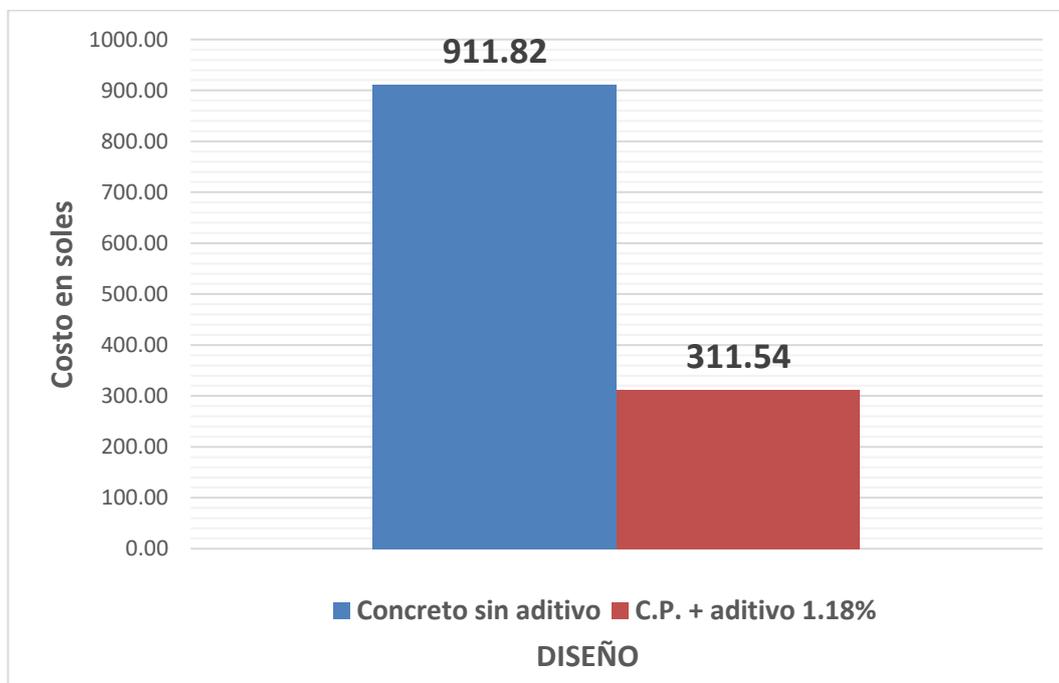


Gráfico N°59: Comparación de costos en soles

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se han realizado 329 probetas de concreto (240 a compresión, 48 tracción, 32 modulo elástico y 9 para agregado optimo por resistencia) y 32 vigas, por lo que ha generado un espacio muestral que se puede considerar que los resultados serán confiables y viables, debido a que los ensayos cumplen con mejorar el comportamiento reológico y una buena consistencia de la mezcla.
- Se verifica la reducción de agua para mantener el asentamiento requerido de 6" a 7" se encuentra en el rango [10% - 30%] 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 [0.7% - 3.8%] 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 [11% - 38%] 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% - 1.0%], mientras se va incluyendo el aditivo superplastificante MASTER EASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.5, 0.6, 0.7 y 0.8), se incrementa el contenido de aire en un rango de [10% - 86%] respecto al concreto patrón. Sin embargo, las resistencias al a compresión axial no fueron afectados significativamente.
- La exudación de la mezcla del concreto sufre disminuciones significativas que se encuentran en el rango de [28% - 90%] 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 y mejor resistencia del concreto.

- El tiempo de fragua inicial del concreto patrón está en el rango de [4h26min - 5h49min], mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.5,0.6, 0.7 y 0.8), se incrementa el tiempo de fragua inicial hasta un 46% respecto al concreto patrón, siendo beneficioso para concretos vaciados en climas calientes y el tiempo de fragua final del concreto patrón está en el rango de [5h48min - 6h59min], mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.5,0.6, 0.7 y 0.8), se incrementa el tiempo de fragua final hasta un 32% 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 [160 - 362] kg/cm², mientras se agrega más dosificación de aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 en los diseños de mezcla para todas las relaciones a/c (0.5,0.6, 0.7 y 0.8), se incrementa la resistencia a la compresión hasta un 100% respecto al concreto patrón, ya que debido de 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 [22 - 41] kg/cm², mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.5,0.6, 0.7 y 0.8), se incrementa la resistencia a la tracción diametral en un rango de [10% - 68%] 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 [1.5 – 1.8]*10⁵ kg/cm², mientras se agrega aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.5,0.6, 0.7 y 0.8), se incrementa el módulo elástico estático en un rango de [25% - 59%], respecto al concreto patrón, beneficiando en el comportamiento de las estructuras (viga, columna, muros, etc.) aumentando la rigidez; disminuyendo las derivas

de entrepiso y evitar que pasen los valores permisibles normados; disminuir las deflexiones para evitar que sobrepasen lo permisible y fallen.

- La resistencia a la flexión del concreto patrón está en el rango de [26 - 39] kg/cm², mientras se agrega más aditivo superplastificante MASTEREASE 3900 para todas las relaciones a/c (0.5, 0.6, 0.7 y 0.8), 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.
- En el análisis comparativo con las relaciones a/c de 0.5, 0.6, 0.7 y 0.80 se identificó un óptimo costo beneficio en las relaciones [0.5 – 0.6] 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 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 – 0.60] y con dosificaciones de [1.00%].

RECOMENDACIONES

- Para la dosificación de aditivo MASTEREASE 3900, se recomienda diseñar con dosificaciones no mayores a 1% cuando se busca concretos de baja resistencia, debido a que la mezcla va perdiendo trabajabilidad.
- 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".
- Al tener un alto grado de disminución de la exudación se recomendaría usarlo el aditivo MASTER EASE 3900 en diseños de pavimentos rígidos 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, los tiempos de fraguas aumentaron hasta en un 46% de fragua inicial y un 32% 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 636 kg/cm² (cuadro N°77) a los 28 días en el rango de dosificaciones estudiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abanto Castillo Flavio (2013), Tecnología del concreto (teoría y problemas), Ediciones San Marcos, Perú, Lima.
2. 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.
3. 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. ASOCRETO. (2010). Tecnología del Concreto (tomo1). COLOMBIA: Colección del Concreto.
5. Badillo Macazana Pedro Graciano (1998), "Diseño de mezclas. Método del agregado global y módulo de finura, para concretos de mediana a baja resistencia", Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
6. 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.
7. Cementos Lima S.A. (2005), "Productos: Cemento Portland tipo I (Cemento Sol)", Perú, Lima.
8. Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (2016). Revista Ingeniería UC, 23(2), 197-203. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70746634010>
9. 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.

10. 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
11. 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.
12. Moreno Tabares Nathalie (2017), "Efecto del contenido de agua y adición de superplastificantes (sps) sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión de pastas y morteros hechos a base de cemento híbrido (ch)". Tesis de maestría en construcción, Ediciones de la Universidad Nacional de Colombia, Colombia, Medellín.
13. 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.
14. Peredo Romero Marianella (2000), "Estudio del comportamiento del concreto con cemento Portland tipo I", Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
15. 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.
16. Riva López Enrique (2000), "Naturaleza y materiales del concreto", ACI Capítulo peruano, Perú, Lima.
17. 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.

18. Sánchez de Guzmán Diego (2015), Tecnología del concreto – materiales propiedades y diseño de mezclas, Adocreto, tercera edición, Perú, Lima.
19. 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.
20. Torre Carrillo Ana (2015), Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles, Laboratorio de Ensayo de Materiales, ediciones UNI – FIC, Perú, Lima.
21. Varas Vásquez Jean Carlos (2018), “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.
22. Vargas Enrique David (2004), “Estudio del concreto de mediana a alta resistencia variando el agregado grueso tipo canto rodado del rio, usando aditivo superplastificante de fraguado normal”. Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.
23. Zavala Magariño Jeancarlo (2019), “Concreto de media a baja resistencia producido: en terreno natural, con equipo y con equipo y aditivo plastificante”, Tesis de grado, Ediciones UNI-FIC, Perú, Lima.

ANEXOS

	Pág.
ANEXO I: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	131
ANEXO II: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	135
ANEXO III: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	165
ANEXO IV: ANÁLISIS DE COSTOS.....	214
ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO MasterEase 3900.....	218
ANEXO V PANEL FOTOGRÁFICO.....	220

ANEXO I: ENSAYOS DE AGREGADOS

I. I. Granulometría

I. I. I. Agregado fino

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	0.63	0.06%	0.06%	99.94%
N° 8	2.36	128.47	12.85%	12.91%	87.09%
N°16	1.18	255.45	25.54%	38.45%	61.55%
N° 30	0.6	288.60	28.86%	67.31%	32.69%
N° 50	0.3	224.02	22.40%	89.72%	10.28%
N° 100	0.15	72.97	7.30%	97.01%	2.99%
FONDO		29.87	2.99%	100.00%	0.00%

I. I. II. Agregado grueso

tamiz	abertura (mm)	peso retenido (g)	%retenido	%retenido acumulado	% acumulado que pasa
1 1/2"	37.50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.00	851.77	8.52%	8.52%	91.48%
3/4"	19.00	2855.27	28.55%	37.07%	62.93%
1/2"	12.50	3625.88	36.26%	73.33%	26.67%
3/8"	9.50	1421.39	14.21%	87.54%	12.46%
N° 4	4.75	1205.20	12.05%	99.60%	0.40%
FONDO		40.49	0.40%	100.00%	0.00%

I. I. III. Agregado global

tamiz	%Retenido arena	%Retenido piedra	%Ret. arena 49.2%	%Ret. piedra 50.8%	%Acumulado global	
					Retenido	Pasa
1 1/2"		0.00%		0.00%	0.00%	100.00%
1"		8.52%		4.33%	4.33%	95.67%
3/4"		28.55%		14.50%	18.83%	81.17%
1/2"		36.26%		18.42%	37.25%	62.75%
3/8"		14.21%		7.22%	44.47%	55.53%
N° 4	0.06%	12.05%	0.03%	6.12%	50.63%	49.37%
N° 8	12.85%	0.40%	6.32%	0.21%	57.15%	42.85%
N°16	25.54%		12.57%		69.72%	30.28%
N° 30	28.86%		14.20%		83.92%	16.08%
N° 50	22.40%		11.02%		94.94%	5.06%
N° 100	7.30%		3.59%		98.53%	1.47%
FONDO	2.99%		1.47%		100.00%	0.00%
TOTAL	100.00%	100.00%	49.20%	50.80%		

I. II. Peso unitario

I. II. I. P.U.S. y P.U.C. del agregado fino

peso unitario suelto (P.U.S)					
Muestra	Pmuestra + Pbalde (1/10p3) kg	Pbalde (1/10p3) kg	Pmuestra kg	V(balde) m3	Peso unitario suelto kg/m3
M1	5.8551	1.5744	4.2807	0.0028	1528.82
M2	5.8086	1.5744	4.2342	0.0028	1512.21
M3	5.8731	1.5744	4.2987	0.0028	1535.25
PROMEDIO					1525.43

peso unitario compactado (P.U.C)					
Muestra	Pmuestra + Pbalde (1/10p3) kg	Pbalde (1/10p3) kg	Pmuestra kg	V(balde) m3	Peso unitario compactado kg/m3
M1	6.3319	1.5744	4.7575	0.0028	1699.11
M2	6.3565	1.5744	4.7821	0.0028	1707.89
M3	6.3708	1.5744	4.7964	0.0028	1713.00
PROMEDIO					1706.67

I. II. II. P.U.S. Y P.U.C. del agregado grueso

peso unitario suelto (P.U.S)					
Muestra	Pmuestra + Pbalde (1/3p3) kg	Pbalde (1/3p3) kg	Pmuestra kg	V(balde) m3	Peso unitario suelto kg/m3
M1	18.08	4.36	13.72	0.00944	1453.39
M2	17.87	4.36	13.51	0.00944	1431.14
M3	17.90	4.36	13.54	0.00944	1434.32
PROMEDIO					1439.62

peso unitario compactado (P.U.C)					
Muestra	Pmuestra + Pbalde (1/3p3) kg	Pbalde (1/3p3) kg	Pmuestra kg	V(balde) m3	Peso unitario compactado kg/m3
M1	19.33	4.36	14.97	0.00944	1585.81
M2	19.41	4.36	15.05	0.00944	1594.28
M3	19.04	4.36	14.68	0.00944	1555.08
PROMEDIO					1578.39

I. II. III. P.U.C. del agregado global

ARENA %	PIEDRA %	PESO TOTAL kg	Pbalde kg	Pmuestra kg	V(balde) m3	P.U.C kg/m3	P.U.C PROMEDIO
44	56	23.15	4.36	18.79	0.00944	1990.47	1988.35
		23.11	4.36	18.75	0.00944	1986.23	
47	53	23.39	4.36	19.03	0.00944	2015.89	2032.31
		23.70	4.36	19.34	0.00944	2048.73	
50	50	23.38	4.36	19.02	0.00944	2014.83	2042.37
		23.90	4.36	19.54	0.00944	2069.92	
53	47	23.03	4.36	18.67	0.00944	1977.75	1995.76
		23.37	4.36	19.01	0.00944	2013.77	
56	44	23.23	4.36	18.87	0.00944	1998.94	1992.06
		23.10	4.36	18.74	0.00944	1985.17	

I. III. Peso específico y absorción

I. III. I. Peso específico y absorción del agregado fino

Muestra	Pm sss (g)	Pm sss+Wfiola+Wagua (g)	P fiola (g)	Pagua Va (g)	Pm s W0 (g)	Vol. fiola V (cm3)	P.E de masa	P.E de masa sss	P.E aparente	absorcion
M1	500	1000.7	206	294.7	480.00	500.00	2.34	2.44	2.59	4.17
M2	500	1008.9	206	302.9	481.58	500.00	2.44	2.54	2.70	3.82
M3	500	1012.2	206	306.2	483.00	500.00	2.49	2.58	2.73	3.52
PROMEDIO						500.00	2.42	2.52	2.67	3.84

I. III. II. Peso específico y absorción del agregado grueso

Muestra	Wm sss B (g)	Wm s al horno A (g)	Wm s en agua +W canastilla (g)	W canastilla (g)	Wm saturada en agua C (g)	P.E de masa A/(B-C)	P.E de masa sss B/(B-C)	P.E aparente A/(A-C)	Absorcion (B-A/A)*100 %
M1	4000	3960.1	3424.7	876.4	2548.30	2.73	2.76	2.81	1.01
M2	4000	3964.6	3428.2	876.4	2551.80	2.74	2.76	2.81	0.89
M3	4000	3954.7	3418.0	876.4	2541.60	2.71	2.74	2.80	1.15
PROMEDIO						2.73	2.75	2.80	1.02

I. IV. Contenido de humedad**I. IV. I. Contenido de humedad del agregado fino**

MUESTRA	Peso húmedo (W) g	Peso seco (D) g	Contenido de humedad (P) %
M1	600	574.6	4.42
M2	600	574.1	4.51
M3	600	574.2	4.49
		Promedio	4.48

I. IV. II. Contenido de humedad del agregado grueso

MUESTRA	Peso húmedo(W) g	Peso seco (D) g	Contenido de humedad (P) %
M1	2100	2089.0	0.53
M2	2100	2089.6	0.50
M3	2100	2088.0	0.57
		Promedio	0.53

I. V. Porcentaje de la malla N°200

MUESTRA	Peso seco inicial (P1) g	Peso seco final (P2) g	Muestra que pasa tamiz # 200 (A) %
M1	500	476.40	4.72%
M2	500	475.30	4.94%
M3	500	473.80	5.24%
		Promedio	4.97%

ANEXO II: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

II. I. Peso unitario del concreto

II. I. I. Para la relación a/c=0.5

		muestra1	muestra2
PATRON	Peso del recipiente mas la muestra kg (PC)	27.53	27.67
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.23	5.23
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.3	22.44
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2362.29	2377.12
	Promedio kg/m3	2369.70	

0.72%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.95	28.05
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.29	5.29
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.66	22.76
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2400.42	2411.02
	Promedio kg/m3	2405.72	

1.00%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28.31	28.35
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.29	5.29
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	23.02	23.06
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2438.56	2442.80
	Promedio kg/m3	2440.68	

1.18%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28.34	28.39
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.29	5.29
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	23.05	23.1
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2441.74	2447.03
	Promedio kg/m3	2444.39	

II. I. II. Para la relación a/c=0.6

		muestra1	muestra2
PATRON	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.62	27.78
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.26	5.26
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.36	22.52
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2368.64	2385.59
	Promedio kg/m3	2377.12	

0.72%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.81	27.94
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.28	5.28
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.53	22.66
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2386.65	2400.42
	Promedio kg/m3	2393.54	
1.00%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28	28.1
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.28	5.28
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.72	22.82
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2406.78	2417.37
	Promedio kg/m3	2412.08	
1.18%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28.39	28.43
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.28	5.28
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	23.11	23.15
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2448.09	2452.33
	Promedio kg/m3	2450.21	

II. I. III. Para la relación a/c=0.7

		muestra1	muestra2
PATRON	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.45	27.48
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.26	5.26
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.19	22.22
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2350.64	2353.81
	Promedio kg/m3	2352.22	

		muestra1	muestra2
0.72%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.8	27.92
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.28	5.28
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.52	22.64
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2385.59	2398.31
	Promedio kg/m3	2391.95	

		muestra1	muestra2
1.00%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28.2	28.06
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.28	5.28
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.92	22.78
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2427.97	2413.14
	Promedio kg/m3	2420.55	

		muestra1	muestra2
1.18%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28.3	28.36
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.28	5.28
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	23.02	23.08
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2438.56	2444.92
	Promedio kg/m3	2441.74	

II. I. IV. Para la relación a/c=0.8

		muestra1	muestra2
PATRÓN	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.37	27.52
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.26	5.26
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.11	22.26
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2342.16	2358.05
	Promedio kg/m3	2350.11	

		muestra1	muestra2
0.72%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	27.81	27.87
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.27	5.27
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.54	22.6
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2387.71	2394.07
	Promedio kg/m3	2390.89	

		muestra1	muestra2
1.18%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28	28.06
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.27	5.27
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.73	22.79
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2407.84	2414.19
	Promedio kg/m3	2411.02	

		muestra1	muestra2
1.00%	Peso del recipiente más la muestra kg (PC)	28.2	28
	Peso del recipiente en kg (Pm)	5.27	5.27
	Peso de la muestra kg (PC-Pm)	22.93	22.73
	Volumen del recipiente en m3 (Vm)	0.00944	0.00944
	Peso unitario del concreto fresco en kg/m3 (Pu)	2429.03	2407.84
	Promedio kg/m3	2418.43	

II. II. Fluidez del concreto

II. II. I. Para la relación a/c=0.5

	D1	D2	D3	D4	Dpromedio	%fluidez
PATRON	43.00	42.80	43.20	42.90	42.98	71.90%
0.72%	45.40	45.80	46.20	45.90	45.83	83.30%
1.00%	50.10	49.80	49.50	50.00	49.85	99.40%
1.18%	44.10	45.10	44.80	44.50	44.63	78.50%

II. II. II. Para la relación a/c=0.6

	D1	D2	D3	D4	Dpromedio	%fluidez
PATRON	42.40	42.20	42.00	42.30	42.23	68.90%
0.72%	45.60	45.00	44.80	45.20	45.15	80.60%
1.00%	48.40	48.20	49.00	48.30	48.48	93.90%
1.18%	47.50	47.00	47.50	48.00	47.50	90.00%

II. II. III. Para la relación a/c=0.7

	D1	D2	D3	D4	Dpromedio	%fluidez
PATRON	44.10	44.20	44.90	44.20	44.35	77.40%
ADIT.0.72%	48.50	47.50	48.30	48.60	48.23	92.90%
ADIT.1.00%	49.70	51.00	49.30	49.60	49.90	99.60%
ADIT.1.18%	47.00	47.20	47.50	48.00	47.43	89.70%

II. II. IV. Para la relación a/c=0.8

	D1	D2	D3	D4	Dpromedio	%fluidez
PATRON	45.20	45.40	45.50	45.80	45.48	81.90%
0.72%	47.30	47.50	48.50	48.00	47.83	91.30%
1.00%	51.00	50.40	50.50	49.00	50.23	100.90%
1.18%	49.00	48.70	48.80	47.90	48.60	94.40%

II. III. Exudación del concreto

II. III. I. Para la relación a/c=0.5

II. III. I. I. Para el concreto patrón

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		26	kg	
peso del balde:		196	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
11:30	0	0	0	
11:40	10	10	196.6	0.6
11:50	10	20	197.9	1.9
12:00	10	30	198.6	2.6
12:10	10	40	200.5	4.5
12:40	30	70	204.3	8.3
13:10	30	100	209.3	13.3
13:40	30	130	213.3	17.3
14:10	30	160	213.7	17.7
14:40	30	190	213.9	17.9
15:10	30	220	214	18

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	18.00
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	26000.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20730.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	7720.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	2000.45
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.90

II. III. I. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		26.05	kg	
peso del balde:		197.3	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
10:10	0	0	0	
10:20	10	10	197.3	0
10:30	10	20	197.3	0
10:40	10	30	197.3	0
10:50	10	40	197.3	0
11:20	30	70	197.7	0.4
11:50	30	100	198.3	1
12:20	30	130	198.9	1.6
12:50	30	160	199.8	2.5
13:20	30	190	201.1	3.8
13:50	30	220	202.2	4.9
14:20	30	250	202.6	5.3

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	5.30
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	26050.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20780.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6760.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1755.91
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.30

II. III. I. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.98	kg	
peso del balde:		198.3	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
10:10	0	0	0	
10:20	10	10	198.3	0
10:30	10	20	198.3	0
10:40	10	30	198.3	0
10:50	10	40	198.3	0
11:20	30	70	198.3	0
11:50	30	100	198.4	0.1
12:20	30	130	198.6	0.3
12:50	30	160	199.3	1
13:20	30	190	200.3	2
13:50	30	220	200.9	2.6
14:20	30	250	201.2	2.9

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	2.90
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25980.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20710.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5740.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1485.94
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.20

II. III. I. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.91	kg	
peso del balde:		200.1	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
10:10	0	0	0	
10:20	10	10	200.1	0
10:30	10	20	200.1	0
10:40	10	30	200.1	0
10:50	10	40	200.1	0
11:20	30	70	200.1	0
11:50	30	100	200.1	0
12:20	30	130	200.3	0.2
12:50	30	160	201.1	1
13:20	30	190	201.4	1.3
13:50	30	220	201.5	1.4
14:20	30	250	201.5	1.4

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	1.40
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25910.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20640.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5450.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1406.10
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.10

II. III. II. Para la relación a/c=0.6

II. III. II. I. Para el concreto patrón

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.53	kg	
peso del balde:		194.9	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
11:30	0	0	0	
11:40	10	10	195.1	0.2
11:50	10	20	196.3	1.4
12:00	10	30	199.2	4.3
12:10	10	40	202.5	7.6
12:40	30	70	207.5	12.6
13:10	30	100	209.2	14.3
13:40	30	130	209.5	14.6
14:10	30	160	209.7	14.8
14:40	30	190	210	15.1
15:10	30	220	210.1	15.2

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	15.20
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25530.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20260.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	7410.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1876.58
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.81

II. III. II. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		26.05	kg	
peso del balde:		196.6	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
10:10	0	0	0	
10:20	10	10	196.6	0
10:30	10	20	196.6	0
10:40	10	30	196.6	0
10:50	10	40	196.6	0
11:20	30	70	196.7	0.1
11:50	30	100	197	0.4
12:20	30	130	200.4	3.8
12:50	30	160	201.3	4.7
13:20	30	190	202.1	5.5
13:50	30	220	203	6.4
14:20	30	250	203.6	7

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	7.00
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	26050.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20780.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6160.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1600.06
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.44

II. III. II. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.98	kg	
peso del balde:		195.8	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
10:10	0	0	0	
10:20	10	10	195.8	0
10:30	10	20	195.8	0
10:40	10	30	195.8	0
10:50	10	40	195.8	0
11:20	30	70	195.8	0
11:50	30	100	196.1	0.3
12:20	30	130	196.6	0.8
12:50	30	160	197.3	1.5
13:20	30	190	197.5	1.7
13:50	30	220	197.6	1.8
14:20	30	250	197.7	1.9

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	1.90
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25980.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20710.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5490.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1421.22
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.13

II. III. II. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.91	kg	
peso del balde:		195.9	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
10:10	0	0	0	
10:20	10	10	195.9	0
10:30	10	20	195.9	0
10:40	10	30	195.9	0
10:50	10	40	195.9	0
11:20	30	70	195.9	0
11:50	30	100	195.9	0
12:20	30	130	196.3	0.4
12:50	30	160	197.1	1.2
13:20	30	190	197.4	1.5
13:50	30	220	197.5	1.6
14:20	30	250	197.5	1.6

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	1.60
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25910.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20640.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	4910.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1266.78
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.13

II. III. III. Para la relación a/c=0.7

II. III. III. I. Para el concreto patrón

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.53	kg	
peso del balde:		194.9	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
09:57	0	0	0	
10:07	10	10	196.5	1.6
10:17	10	20	198.2	3.3
10:27	10	30	199.4	4.5
10:37	10	40	203.5	8.6
11:07	30	70	209.5	14.6
11:37	30	100	217.7	22.8
12:07	30	130	224.9	30
12:37	30	160	226.8	31.9
13:07	30	190	227.7	32.8
13:37	30	220	227.9	33

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	33.00
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25530.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20260.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	7080.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1793.01
%	EXUDACION = $A*100/F$	1.84

II. III. III. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		26.52	kg	
peso del balde:		194.1	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
11:16	0	0	0	
11:26	10	10	194.1	0
11:36	10	20	194.1	0
11:46	10	30	195.1	1
11:56	10	40	197.2	3.1
12:26	30	70	199.1	5
12:56	30	100	201.9	7.8
13:26	30	130	202.8	8.7
13:56	30	160	204.7	10.6
14:26	30	190	205.2	11.1
14:56	30	220	205.5	11.4

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	11.40
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	26520.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	21250.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5840.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1551.25
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.73

II. III. III. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		26.52	kg	
peso del balde:		196.6	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
11:16	0	0	0	
11:26	10	10	196.6	0
11:36	10	20	196.6	0
11:46	10	30	196.6	0
11:56	10	40	197.2	0.6
12:26	30	70	197.8	1.2
12:56	30	100	198.7	2.1
13:26	30	130	202.2	5.6
13:56	30	160	205.5	8.9
14:26	30	190	206.5	9.9
14:56	30	220	206.9	10.3

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	10.30
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	26520.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	21250.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5720.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1519.38
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.68

II. III. III. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		26.52	kg	
peso del balde:		199.5	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
11:16	0	0	0	
11:26	10	10	199.5	0
11:36	10	20	199.5	0
11:46	10	30	199.5	0
11:56	10	40	199.5	0
12:26	30	70	199.5	0
12:56	30	100	199.8	0.3
13:26	30	130	200.7	1.2
13:56	30	160	201.2	1.7
14:26	30	190	202.5	3
14:56	30	220	202.5	3

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	3.00
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	26520.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	21250.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	4880.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1296.25
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.23

II. III. IV. Para la relación a/c=0.8

II. III. IV.I. Para el concreto patrón

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.67	kg	
peso del balde:		195.8	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
09:57	0	0	0	
10:07	10	10	199.6	3.8
10:17	10	20	201.7	5.9
10:27	10	30	204.1	8.3
10:37	10	40	208.5	12.7
11:07	30	70	223.6	27.8
11:37	30	100	234.3	38.5
12:07	30	130	243.2	47.4
12:37	30	160	245	49.2
13:07	30	190	245.4	49.6
13:37	30	220	245.9	50.1

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	50.10
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25670.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20400.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6900.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1759.50
%	EXUDACION = $A*100/F$	2.85

II. III. IV.II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.67	kg	
peso del balde:		198.6	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
09:57	0	0	0	
10:07	10	10	199.6	1
10:17	10	20	200.7	2.1
10:27	10	30	202.1	3.5
10:37	10	40	203.5	4.9
11:07	30	70	212.6	14
11:37	30	100	218.3	19.7
12:07	30	130	223.2	24.6
12:37	30	160	227	28.4
13:07	30	190	229.4	30.8
13:37	30	220	230.9	32.3

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	32.30
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25670.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20400.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	6200.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1581.00
%	EXUDACION = $A*100/F$	2.04

II. III. IV.III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.67	kg	
peso del balde:		200.4	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
09:57	0	0	0	
10:07	10	10	200.9	0.5
10:17	10	20	201.1	0.7
10:27	10	30	201.3	0.9
10:37	10	40	202.8	2.4
11:07	30	70	204.6	4.2
11:37	30	100	205.3	4.9
12:07	30	130	208.2	7.8
12:37	30	160	210.6	10.2
13:07	30	190	214.3	13.9
13:37	30	220	220.2	19.8

IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	19.80
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25670.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20400.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5730.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1461.15
%	EXUDACION = $A*100/F$	1.36

II. III. IV. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

Peso del recipiente:		5.27	kg	
peso recipiente+mezcla (quitado 1 pulg):		25.67	kg	
peso del balde:		196.7	g	
Hora	Tiempo parcial	Tiempo acumulado	Peso total (g)	Volumen acumulado (ml)
09:57	0	0	0	
10:07	10	10	196.9	0.2
10:17	10	20	197.1	0.4
10:27	10	30	198.3	1.6
10:37	10	40	199.8	3.1
11:07	30	70	200.6	3.9
11:37	30	100	202.3	5.6
12:07	30	130	205.2	8.5
12:37	30	160	207.6	10.9
13:07	30	190	208.3	11.6
13:37	30	220	208.8	12.1

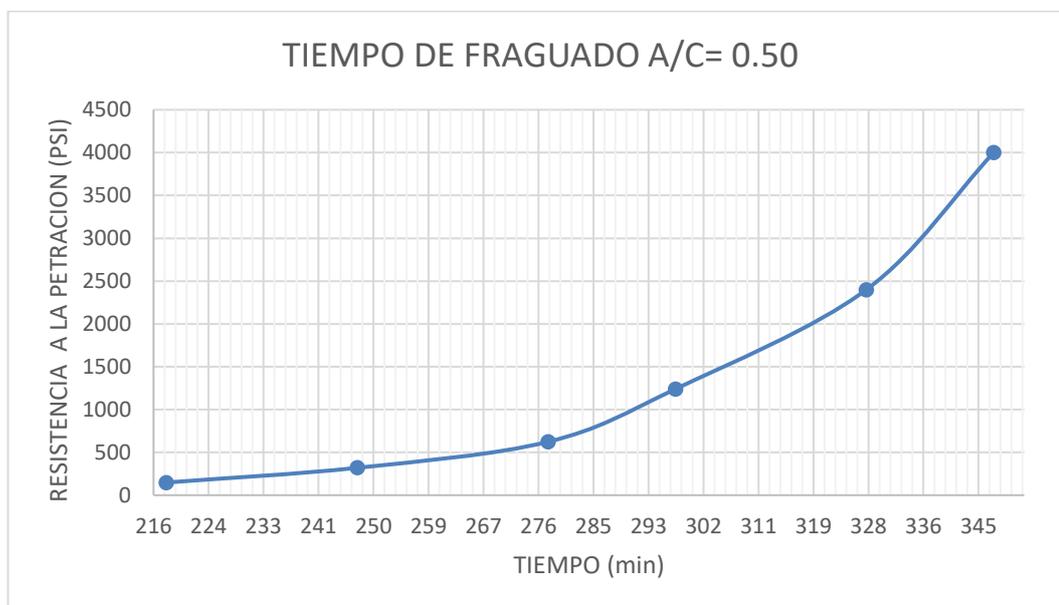
IDEM	DESCRIPCION	RESULTADOS
A	Volumen acumulado (cm3)	12.10
B	Peso recipiente (gr) + Peso mezcla (gr)	25670.00
C	Peso recipiente (gr)	5270.00
B-C	Peso Mezcla (gr)	20400.00
D	Peso total de mezcla (gr)	80000.00
E	Peso total de agua (gr)	5280.00
F	Peso de agua en el balde (gr) = $E*(B-C)/D$	1346.40
%	EXUDACION = $A*100/F$	0.90

II. IV. Tiempo de fraguado

II. IV. I. Para la relación a/c= 0.5

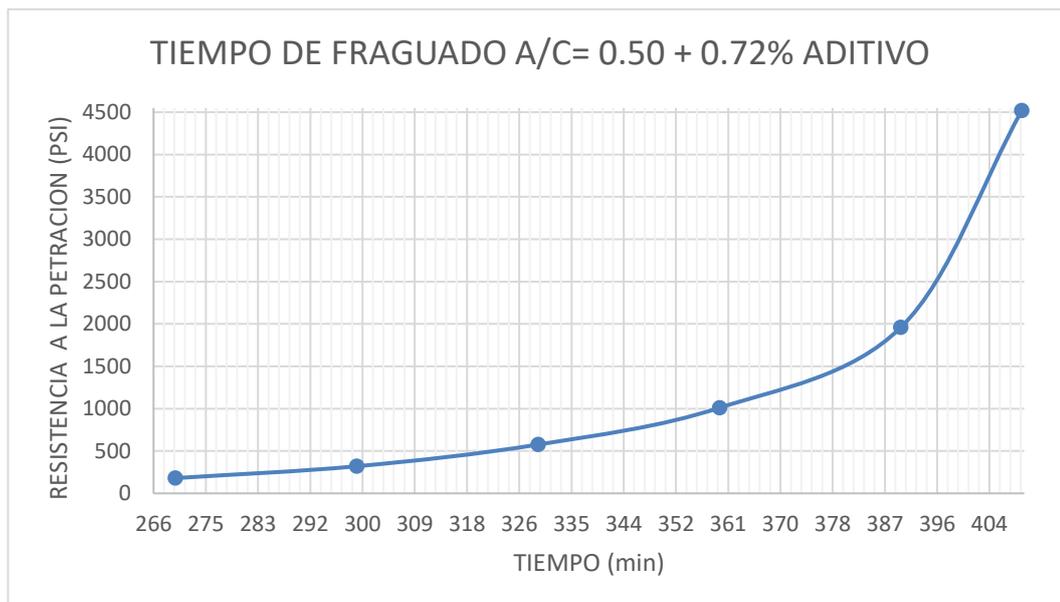
II.IV. I. I. Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	03:38	218	148	1.00	148
2	04:08	248	160	0.50	320
3	04:38	278	156	0.25	624
4	04:58	298	124	0.10	1240
5	05:28	328	120	0.05	2400
6	05:48	348	100	0.03	4000



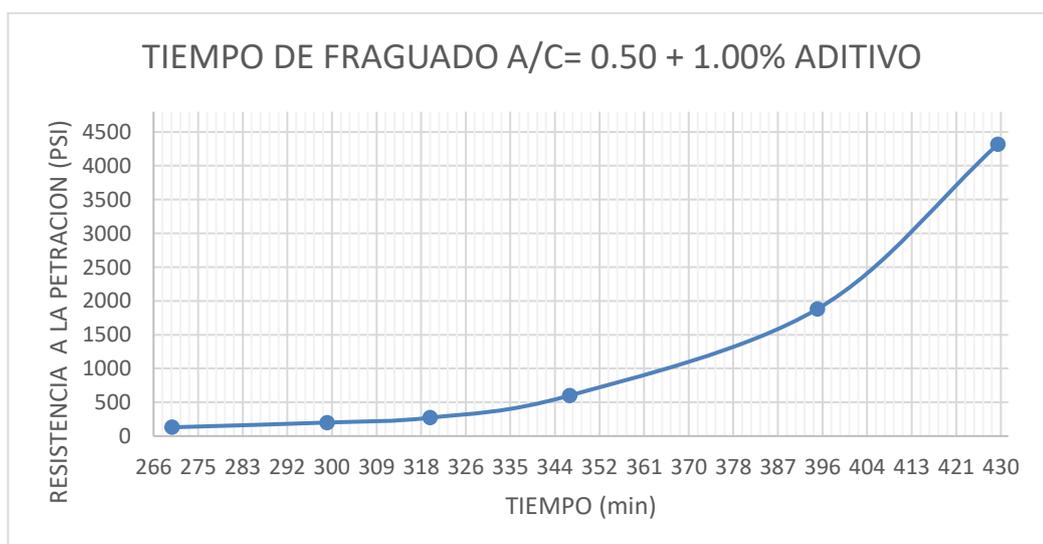
II.IV. I. II. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja area (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:30	270	180	1.00	180
2	05:00	300	160	0.50	320
3	05:30	330	144	0.25	576
4	06:00	360	101	0.10	1010
5	06:30	390	98	0.05	1960
6	06:50	410	113	0.03	4520



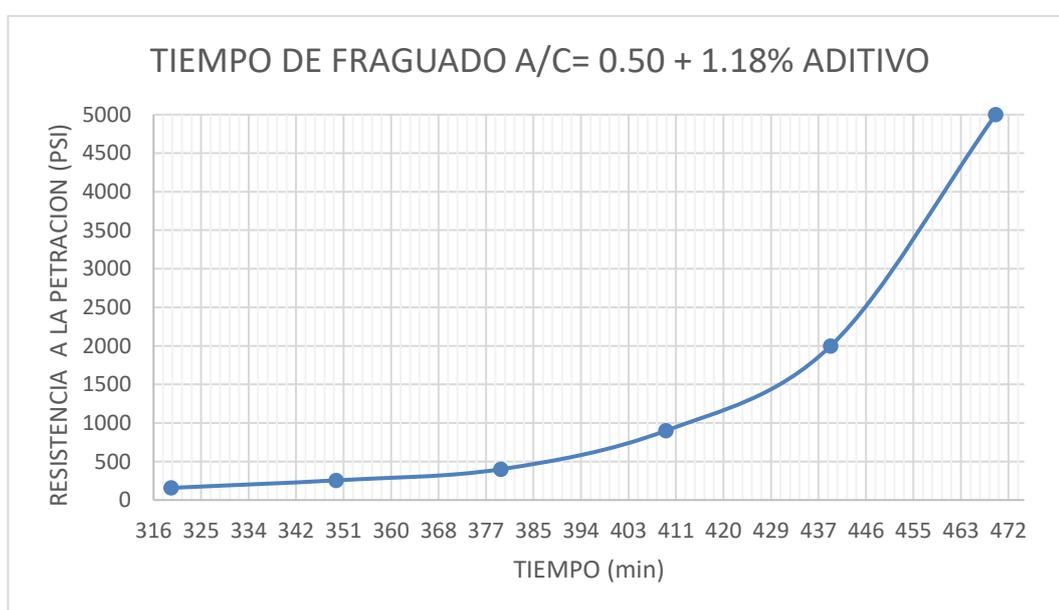
II.IV. I. III. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:30	270	130	1.00	130
2	05:00	300	100	0.50	200
3	05:20	320	68	0.25	272
4	05:47	347	60	0.10	600
5	06:35	395	94	0.05	1880
6	07:10	430	108	0.03	4320



II.IV. I. IV. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

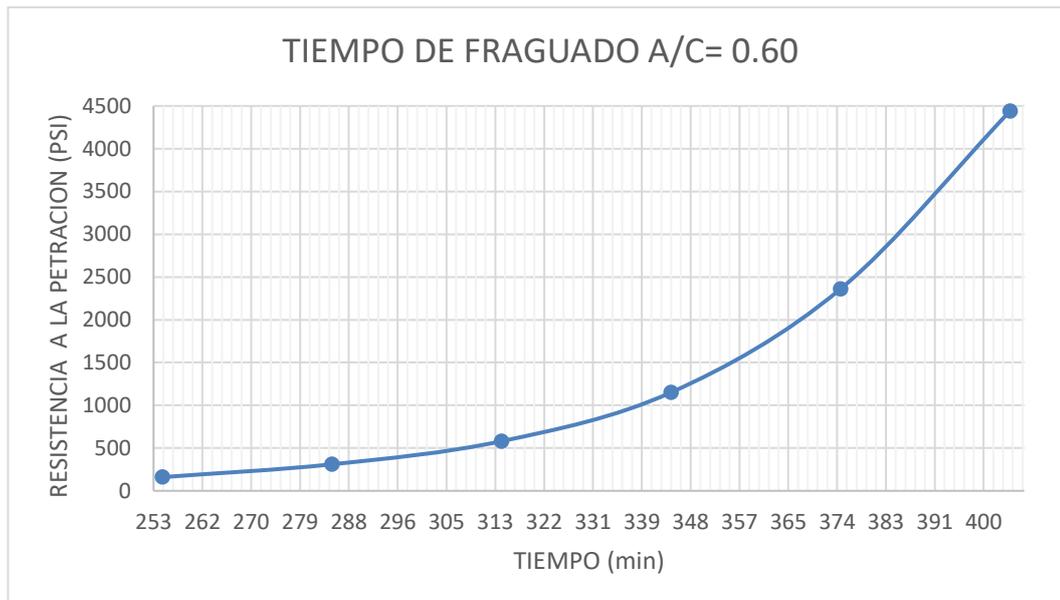
Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:20	320	158	1.00	158
2	05:50	350	128	0.50	256
3	06:20	380	100	0.25	400
4	06:50	410	90	0.10	900
5	07:20	440	100	0.05	2000
6	07:50	470	125	0.03	5000



II.IV. II. Para la relación a/c= 0.6

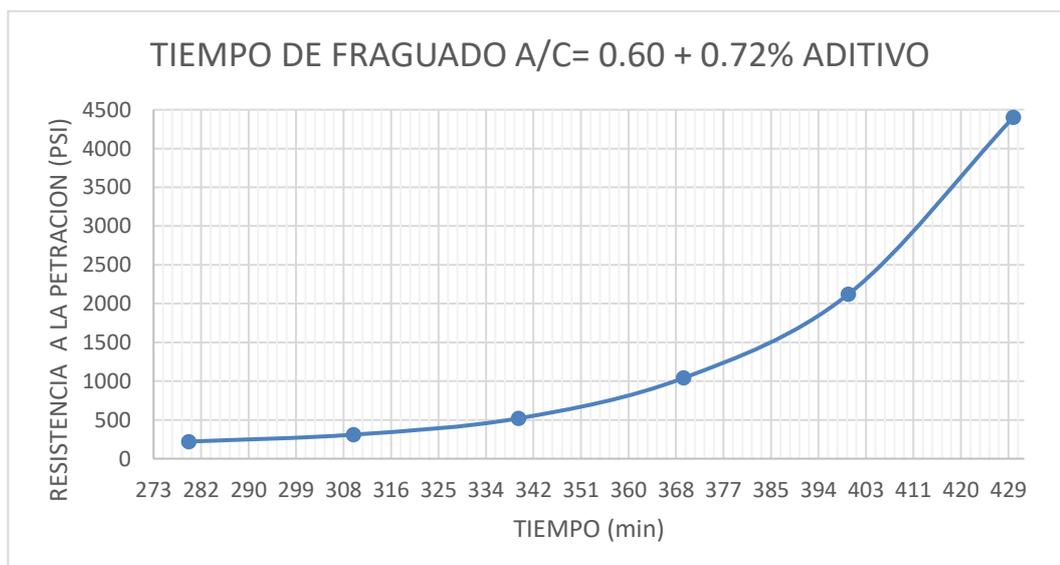
II.IV. II. I. Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:15	255	160	1.00	160
2	04:45	285	155	0.50	310
3	05:15	315	145	0.25	580
4	05:45	345	115	0.10	1150
5	06:15	375	118	0.05	2360
6	06:45	405	111	0.03	4440



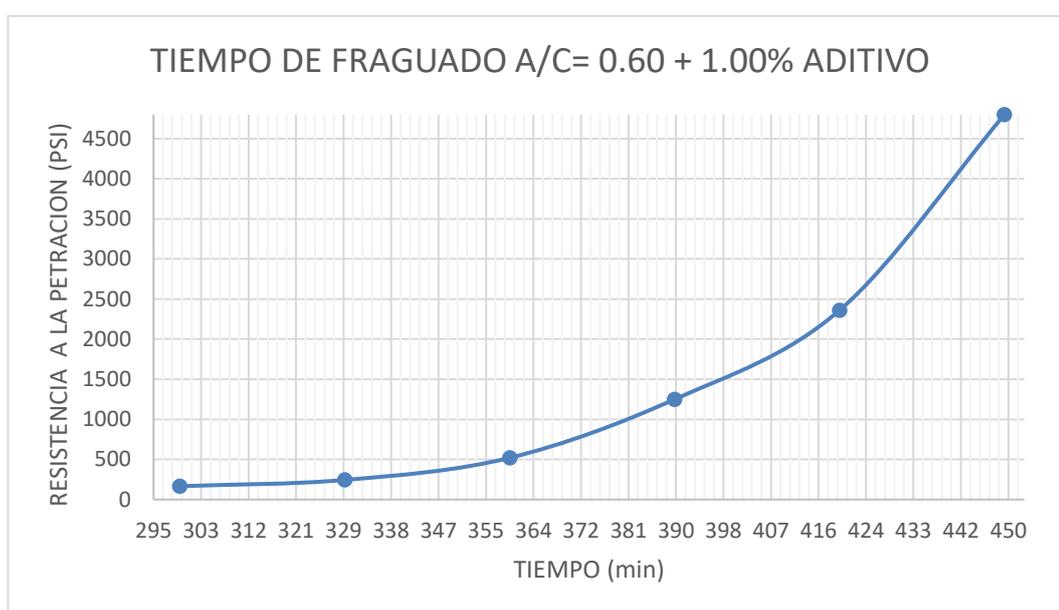
II.IV. II. II. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:40	280	220	1.00	220
2	05:10	310	155	0.50	310
3	05:40	340	130	0.25	520
4	06:10	370	104	0.10	1040
5	06:40	400	106	0.05	2120
6	07:10	430	110	0.03	4400



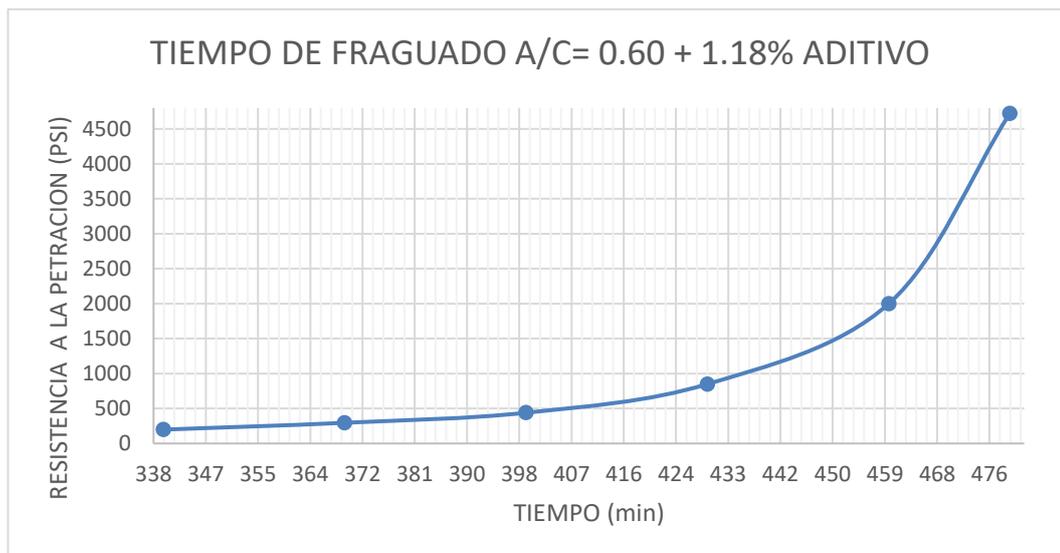
II.IV. II. III. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:00	300	166	1.00	166
2	05:30	330	122	0.50	244
3	06:00	360	130	0.25	520
4	06:30	390	125	0.10	1250
5	07:00	420	118	0.05	2360
6	07:30	450	120	0.03	4800



II.IV. II. IV. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

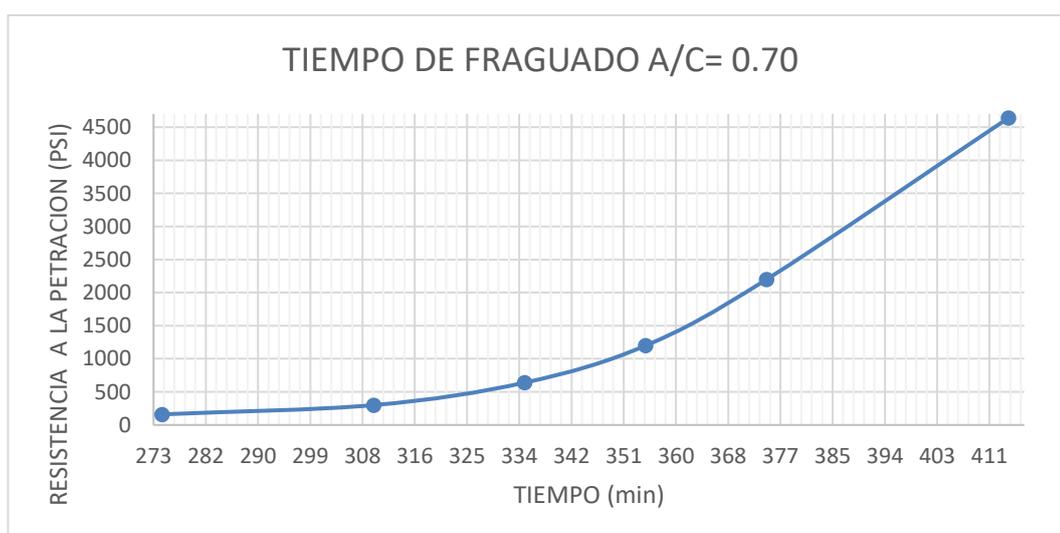
Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:40	340	198	1.00	198
2	06:10	370	148	0.50	296
3	06:40	400	110	0.25	440
4	07:10	430	85	0.10	850
5	07:40	460	100	0.05	2000
6	08:00	480	118	0.03	4720



II. IV. III. Para la relación a/c= 0.7

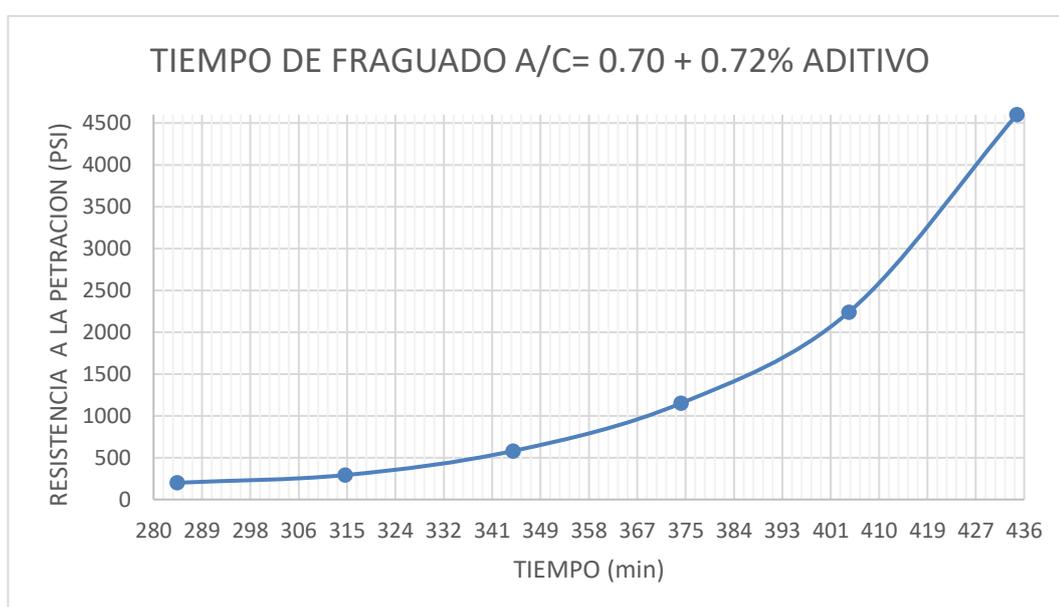
II. IV. III. I. Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:35	275	160	1.00	160
2	05:10	310	150	0.50	300
3	05:35	335	160	0.25	640
4	05:55	355	120	0.10	1200
5	06:15	375	110	0.05	2200
6	06:55	415	116	0.03	4640



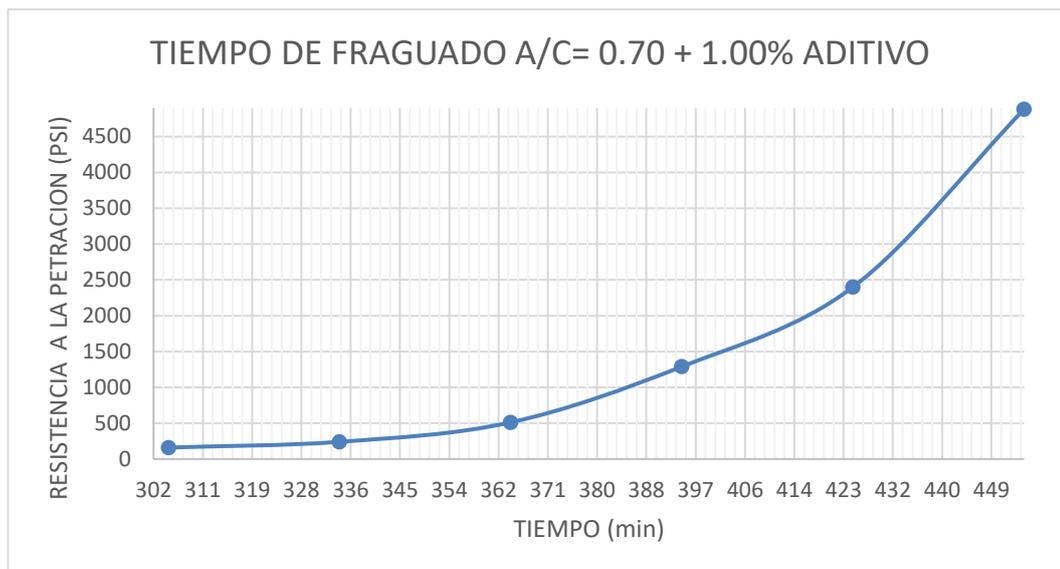
II. IV. III. II. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:45	285	200	1.00	200
2	05:15	315	146	0.50	292
3	05:45	345	145	0.25	580
4	06:15	375	115	0.10	1150
5	06:45	405	112	0.05	2240
6	07:15	435	115	0.03	4600



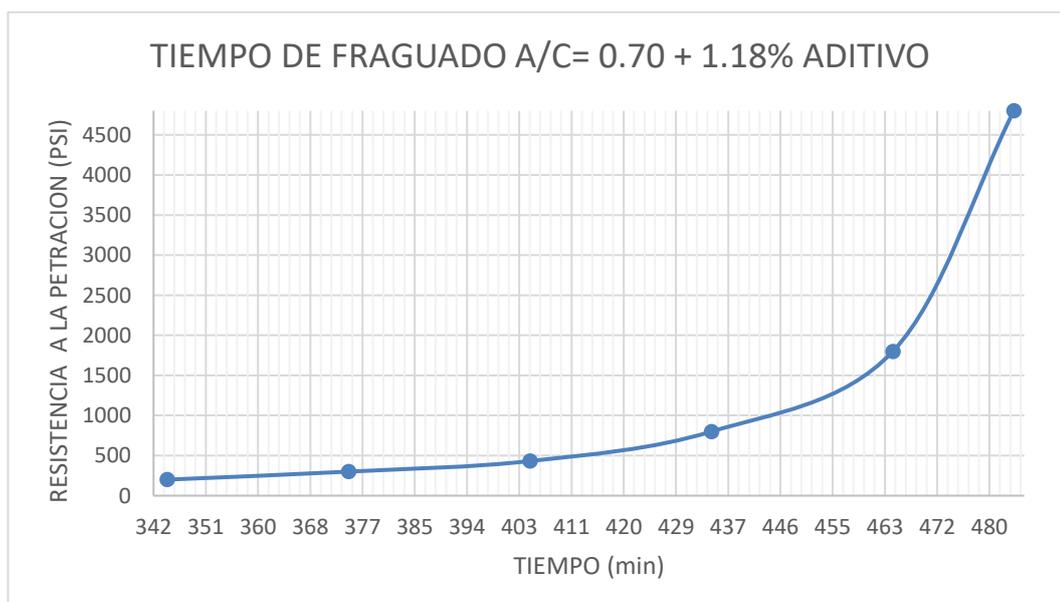
II. IV. III. III. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:05	305	160	1.00	160
2	05:35	335	120	0.50	240
3	06:05	365	128	0.20	512
4	06:35	395	129	0.10	1290
5	07:05	425	120	0.05	2400
6	07:35	455	122	0.03	4880



II. IV. III. IV. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

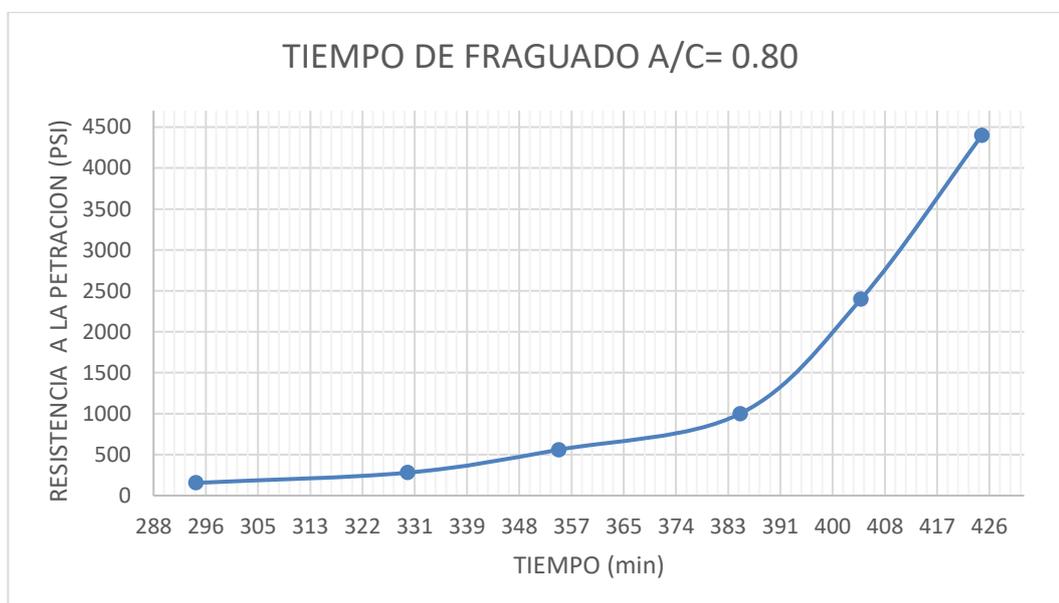
Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:45	345	200	1.00	200
2	06:15	375	150	0.50	300
3	06:45	405	108	0.25	432
4	07:15	435	80	0.10	800
5	07:45	465	90	0.05	1800
6	08:05	485	120	0.03	4800



II. IV. IV. Para la relación a/c= 0.8

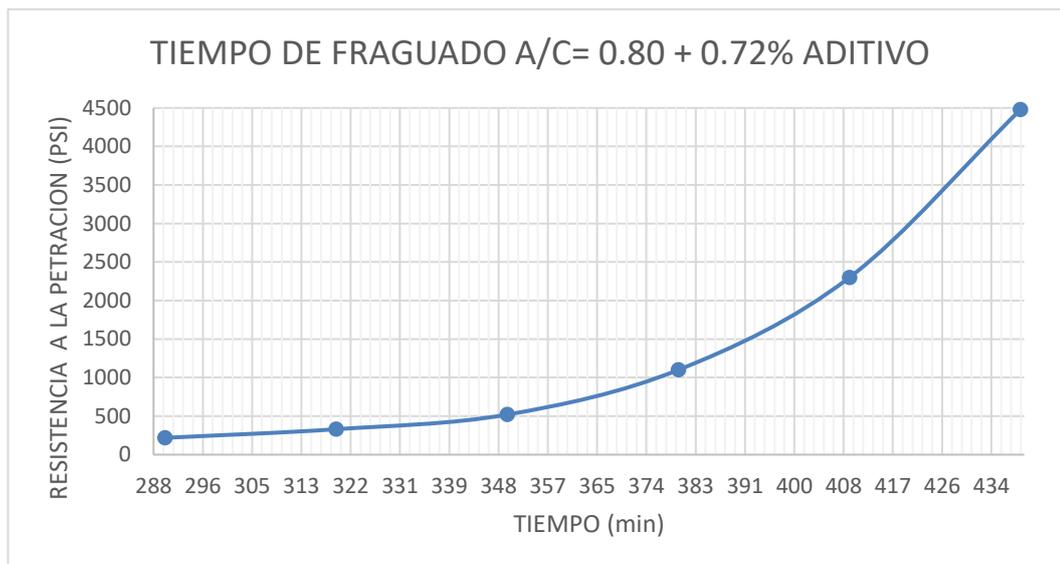
II. IV. IV. I. Para el concreto patrón

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:55	295	155	1.00	155
2	05:30	330	140	0.50	280
3	05:55	355	140	0.25	560
4	06:25	385	100	0.10	1000
5	06:45	405	120	0.05	2400
6	07:05	425	110	0.03	4400



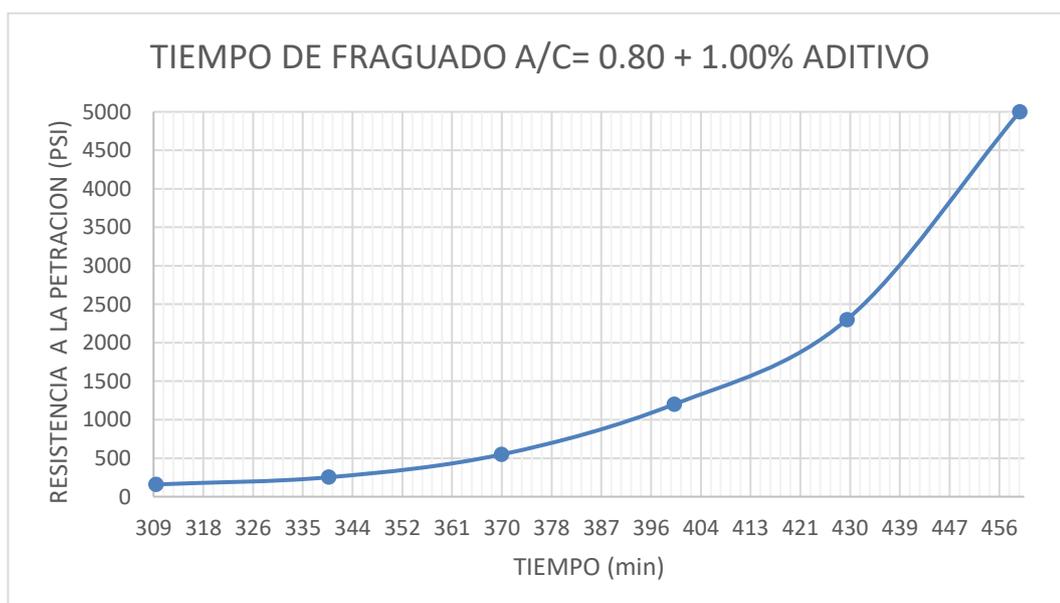
II. IV. IV. II. Para el concreto patrón +0.72% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	04:50	290	218	1.00	218
2	05:20	320	165	0.50	330
3	05:50	350	130	0.25	520
4	06:20	380	110	0.10	1100
5	06:50	410	115	0.05	2300
6	07:20	440	112	0.03	4480



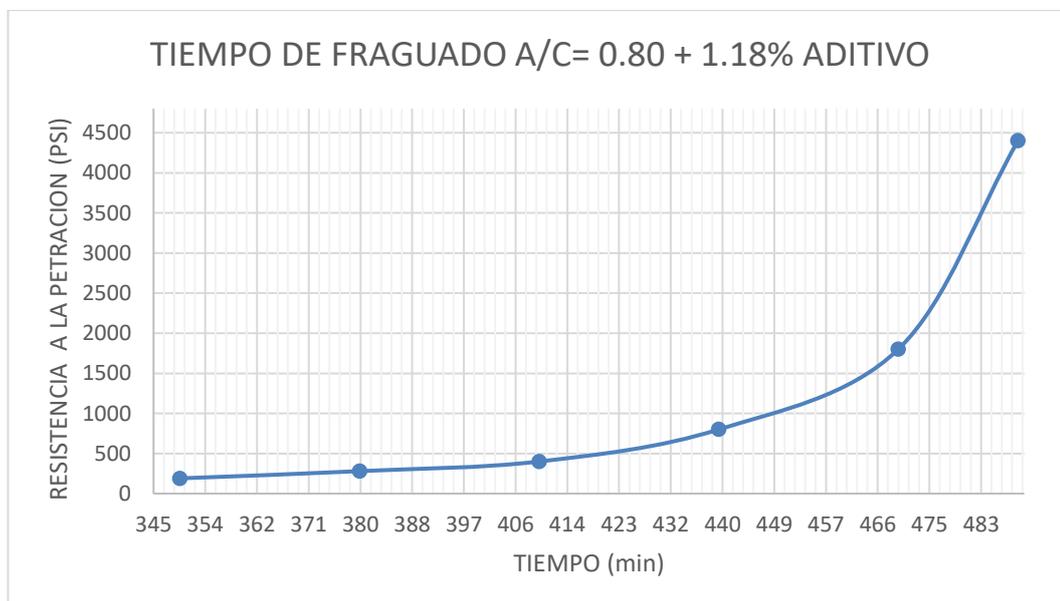
II. IV. IV. III. Para el concreto patrón +1.00% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:10	310	159	1.00	159
2	05:40	340	126	0.50	252
3	06:10	370	137	0.25	548
4	06:40	400	120	0.10	1200
5	07:10	430	115	0.05	2300
6	07:40	460	125	0.03	5000



II. IV. IV. IV. Para el concreto patrón +1.18% aditivo

Aguja N°	TIEMPO DE FRAGUADO	Tiempo absoluto (min)	FUERZA A	Aguja área (pulg ²) = B	Resistencia a la penetración (PSI) = A/B
	horas		(lb)		
1	05:50	350	190	1.00	190
2	06:20	380	140	0.50	280
3	06:50	410	100	0.25	400
4	07:20	440	80	0.10	800
5	07:50	470	90	0.05	1800
6	08:10	490	110	0.03	4400



ANEXO III: ENSAYOS DEL CONCRETO EN EL ESTADO ENDURECIDO

III. I. Resistencia a la compresión axial

III. I. I. Para la relación a/c = 0.5

III. I. I. I. Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.07	20.91	24197	3970	302	300
	10.13	21.98				
M2	10.08	20.91	24571	3990	306	
	10.13	20.89				
M3	10.07	21	23212	3970	291	
	10.09	21.04				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.14	20.9	27122	3954.2	335	342
	10.16	20.86				
M2	10.1	21.01	28507	4064.5	357	
	10.06	20.05				
M3	10.14	21.16	26968	4051.4	334	
	10.13	21.14				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.06	20.99	30666	4024.4	386	362
	10.05	21.14				
M2	10.12	21.06	31422	3852.7	391	
	10.11	21.06				
M3	10.09	20.83	28291	3973.3	351	
	10.16	20.93				
M4	10.17	21.15	29044	4021.2	361	
	10.06	21.23				
M5	10.13	21.13	29024	4021.6	358	
	10.18	21.14				
M6	9.95	21.91	29416	3960.2	378	
	9.97	20.96				
M7	9.93	20.77	24844	3916.2	321	
	9.92	20.81				
M8	9.94	20.91	26594	4006.9	341	
	9.98	20.92				
M9	10.05	21.08	29642	3958.6	373	
	10.08	21.24				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. I. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				7días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.30	21.00	30660	4071.0	367	364
	10.32	21.08				
M2	10.30	20.76	32550	4011.1	392	
	10.26	20.79				
M3	10.24	20.86	27392	4053.9	331	
	10.28	20.94				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.18	21	31561	4077.7	394	382
	10.02	21.04				
M2	10.12	20.84	30063	4042.4	372	
	10.18	20.88				
M3	10.14	20.84	30910	4002.2	379	
	10.23	20.8				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.01	35050.00	4058.3	435	457
	10.16	19.99				
M2	10.10	20.02	37835.00	3963	470	
	10.14	20.00				
M3	10.05	20.04	37795.00	4023.5	472	
	10.15	20.06				
M4	10.24	20.03	40667.00	4029.8	490	
	10.32	20.02				
M5	10.03	20.01	31775.00	4131.1	403	
	10.01	19.99				
M6	10.21	20.04	37310.00	4039.3	454	
	10.25	20.00				
M7	10.11	20.05	38657.00	4158.6	483	
	10.07	20.04				
M8	10.13	20.02	35131.00	4050.9	437	
	10.10	20.00				
M9	10.00	19.99	36798.00	4063.7	465	
	10.08	20.00				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. I. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.04	21.14	46801	4181.4	590	554
	10.06	21.00				
M2	10.03	21.24	43104	4130.7	540	
	10.14	21.10				
M3	9.99	21.01	42090	4129.4	533	
	10.06	20.99				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.18	21.04	46905	4134.5	575	590
	10.2	21.12				
M2	10.06	21.2	48386	4186.2	607	
	10.09	21.26				
M3	10.04	21.05	46481	4106.0	587	
	10.05	21.02				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.13	20.74	51768	3981.5	641	612
	10.15	20.77				
M2	10.16	21.1	47710	4272.9	589	
	10.15	20.96				
M3	10.2	20.94	48844	4264.4	602	
	10.13	21				
M4	10.18	21.63	44627	4023.4	550	
	10.15	21.56				
M5	10.1	21.15	51670	4163	646	
	10.09	21.05				
M6	10.15	20.6	50959	4024.2	635	
	10.06	20.66				
M7	10.18	21.3	49601	4224.7	609	
	10.19	21.28				
M8	10.2	20.4	51191	3995.6	631	
	10.12	20.34				
M9	10.08	21.28	48394	4198.4	607	
	10.07	21.38				

““Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. I. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.05	21.17	46662	4083.6	587	561
	10.07	21.14				
M2	10.01	20.63	45218	3947	571	
	10.08	20.64				
M3	10.14	20.94	42550	4174.4	526	
	10.15	21.07				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.08	20.75	48486	3984.4	609	579
	10.06	20.85				
M2	10.15	21.08	47309	4148.2	584	
	10.16	21.1				
M3	10.07	21.1	43469	4178.5	544	
	10.1	21.14				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.00	21.06	52661	4154.5	667	636
	10.05	21.09				
M2	10.06	20.80	55703	4136	698	
	10.10	20.90				
M3	10.12	20.90	51705	4121	644	
	10.10	20.76				
M4	10.07	21.08	46213	4200.8	582	
	10.04	21.07				
M5	10.00	21.14	49999	4359.8	634	
	10.04	21.12				
M6	10.02	21.22	48033	4166.9	610	
	10.00	21.18				
M7	10.01	21.08	49879	4166.2	629	
	10.09	21.00				
M8	10.10	20.57	52188	4054.3	650	
	10.12	20.65				
M9	10.14	20.93	49526	4125.8	612	
	10.16	20.80				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. II. Para la relación a/c = 0.6

III. I. II. I. Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.08	20.93	21700	4000	272	245
	10.09	21.04				
M2	10.08	20.87	19924	3990	248	
	10.16	20.86				
M3	10.13	21.06	17407	4030	216	
	10.15	21.01				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.07	20.78	21233	3954.2	267	261
	10.06	20.86				
M2	10.18	21.05	19322	4064.5	237	
	10.21	20.98				
M3	10.18	21.06	22850	4051.4	280	
	10.19	21.1				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.96	20.83	23723	4024.4	304	314
	9.97	20.81				
M2	9.9	20.43	24135	3852.7	311	
	9.97	20.37				
M3	9.95	20.79	23668	3973.3	303	
	9.99	20.77				
M4	10.12	20.94	25753.9	4021.2	321	
	10.1	21				
M5	10.06	21.01	26303	4021.6	328	
	10.15	20.91				
M6	10.11	21	24281.4	3960.2	305	
	10.04	20.93				
M7	10.04	20.74	25395.3	3916.2	321	
	10.02	20.76				
M8	10.13	21.03	23800.2	4006.9	296	
	10.11	21.05				
M9	10.09	20.79	27340.1	3958.6	340	
	10.15	20.89				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. II. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.08	21.00	18507	4071.0	232	257
	10.09	21.08				
M2	10.00	20.76	20508	4011.1	261	
	10.01	20.79				
M3	10.04	20.86	21981	4053.9	278	
	10.03	20.94				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.94	21	24142	4077.7	310	315
	9.97	21.04				
M2	9.93	20.84	23715	4042.4	307	
	9.91	20.88				
M3	9.93	20.84	25418	4002.2	328	
	9.95	20.8				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.96	20.01	28860.00	4058.3	369	342
	9.99	19.99				
M2	10.01	20.02	25936.00	3963	331	
	9.98	20.00				
M3	9.96	20.04	24491.00	4023.5	315	
	9.94	20.06				
M4	9.99	20.03	26458.00	4029.8	337	
	10.01	20.02				
M5	10.03	20.01	23797.00	4131.1	302	
	10.00	19.99				
M6	9.99	20.04	28486.00	4039.3	365	
	9.96	20.00				
M7	9.95	20.05	26353.00	4158.6	338	
	9.97	20.04				
M8	9.98	20.02	27940.00	4050.9	357	
	9.99	20.00				
M9	10.00	19.99	28511.00	4063.7	363	
	9.99	20.00				

III. I. II. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	21.14	31495	4181.4	394	349
	10.06	21.00				
M2	10.10	21.24	24552	4130.7	308	
	10.06	21.10				
M3	9.97	21.01	27078	4129.4	346	
	10.00	20.99				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.12	21.04	26307	4134.5	326	363
	10.16	21.12				
M2	10.14	21.2	32071	4186.2	396	
	10.18	21.26				
M3	10.13	21.05	29647	4106.0	367	
	10.16	21.02				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	20.74	33369	3981.5	422	468
	10.05	20.77				
M2	10.25	21.1	38987	4272.9	474	
	10.21	20.96				
M3	10.26	20.94	40924	4264.4	496	
	10.24	21				
M4	10.09	21.63	39371	4023.4	493	
	10.07	21.56				
M5	10.16	21.15	41020	4163	505	
	10.17	21.05				
M6	10.07	20.6	32143	4024.2	402	
	10.1	20.66				
M7	10.17	21.3	39632	4224.7	486	
	10.2	21.28				
M8	10.09	20.4	38261	3995.6	480	
	10.05	20.34				
M9	10.18	21.28	36691	4198.4	448	
	10.24	21.38				

““Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. II. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.94	21.17	31299	4083.6	395	416
	10.14	21.14				
M2	9.76	20.63	33319	3947	439	
	9.90	20.64				
M3	9.91	20.94	32373	4174.4	413	
	10.08	21.07				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10	20.75	36517	3984.4	464	434
	10.02	20.85				
M2	10.1	21.08	33719	4148.2	416	
	10.22	21.1				
M3	10.12	21.1	34060	4178.5	422	
	10.16	21.14				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.10	21.06	43263	4154.5	538	508
	10.13	21.09				
M2	10.18	20.80	42384	4136	523	
	10.13	20.90				
M3	10.05	20.90	41338	4121	520	
	10.08	20.76				
M4	10.17	21.08	39403	4200.8	484	
	10.19	21.07				
M5	10.30	21.14	42058	4359.8	506	
	10.27	21.12				
M6	10.09	21.22	42296	4166.9	523	
	10.21	21.18				
M7	10.23	21.08	40272	4166.2	493	
	10.16	21.00				
M8	10.06	20.57	41281	4054.3	516	
	10.13	20.65				
M9	10.01	20.93	37137	4125.8	469	
	10.07	20.80				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. III. Para la relación a/c = 0.7

III. I. III. I. Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	20.87	12075	3930	152	160
	10.07	20.81				
M2	10.13	21.01	13020	4030	161	
	10.14	21.05				
M3	10.12	20.76	13504	3950	168	
	10.13	20.72				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.09	20.93	14779	3986.1	185	183
	10.08	20.94				
M2	10.13	21.00	13440	4058.2	168	
	10.08	21.08				
M3	10.07	20.98	15739	3985.7	197	
	10.10	20.99				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.14	20.82	20246	3937.8	250	230
	10.16	20.86				
M2	10.12	20.64	18537	3892.1	230	
	10.16	20.70				
M3	10.10	20.80	22469	3960.8	280	
	10.12	20.88				
M4	10.12	20.96	19608	4013.5	244	
	10.10	20.94				
M5	10.18	21.00	18102	4055.7	223	
	10.16	20.96				
M6	10.20	21.10	19914	4023.3	243	
	10.22	21.08				
M7	10.14	20.86	20233	3990.6	250	
	10.18	20.82				
M8	10.06	20.57	18064	3925.2	225	
	10.14	20.59				
M9	10.05	20.73	10018	4083.3	126	
	10.09	20.75				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. III. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.18	21.11	21766	4094.3	269	261
	10.12	21.19				
M2	10.14	21.00	19752	4033.1	245	
	10.11	20.92				
M3	10.17	21.19	21840	4065.2	269	
	10.15	21.08				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.16	22.1	22511	4077.8	279	274
	10.12	21.04				
M2	10.12	20.09	22164	4069.2	276	
	10.11	21.18				
M3	10.18	21.06	21580	4064	267	
	10.09	21.02				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	20.02	28714.00	4157.9	363	347
	10.04	20.00				
M2	10.09	20.03	29131.00	4107	365	
	10.07	20.01				
M3	9.96	20.05	26316.00	4179.7	337	
	9.99	20.07				
M4	10.10	20.04	28697.00	4048.4	359	
	10.07	20.03				
M5	10.09	20.02	23288.00	4036.7	291	
	10.10	20.00				
M6	9.96	20.05	27067.00	3995	346	
	9.99	20.01				
M7	9.95	20.06	27752.00	4018.4	356	
	9.97	20.05				
M8	9.99	20.03	26344.00	4052.1	335	
	10.01	20.01				
M9	10.03	20.00	28778.00	4115.7	365	
	10.00	20.01				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. III. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.10	21.10	23079	4118.9	287	285
	10.14	21.06				
M2	10.02	20.68	22271	3998.2	281	
	10.08	20.60				
M3	10.05	20.70	22977	3980.6	288	
	10.10	20.72				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.14	21.00	27610.5	4145.3	342	334
	10.13	21.06				
M2	10.13	20.90	27215.5	4047.7	337	
	10.15	21.00				
M3	10.13	20.87	26123.6	4040.7	324	
	10.14	20.86				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	21.02	29500	4168.4	365	369
	10.17	21.06				
M2	10.06	20.4	30360	3953.6	381	
	10.09	20.36				
M3	10.1	21.2	28529	4154.8	355	
	10.12	21.1				
M4	10.08	20.92	29769	4095.3	369	
	10.2	20.95				
M5	10.12	20.8	29281	4067.5	363	
	10.14	20.77				
M6	10.1	21.1	30274	4152.4	376	
	10.16	21.15				
M7	10.2	20.95	30360	4143.4	374	
	10.12	20.97				
M8	10	20.56	32178	3976.1	408	
	10.05	20.55				
M9	10.17	21.06	26952	4136.3	330	
	10.22	21				

III. I. III. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.16	20.84	27591	4090.5	342	371
	10.1	21.04				
M2	10.06	21.02	30453	4173.1	381	
	10.12	21.1				
M3	10.06	21	31131	4166.3	391	
	10.08	21.12				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.92	31249	4112.9	390	409
	10.09	20.93				
M2	10.16	20.91	33648	4089.9	419	
	10.07	20.95				
M3	10.16	21.06	33620	4158	418	
	10.09	21.14				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.07	21.04	30350	4126.3	380	418
	10.1	20.9				
M2	10.11	21.1	34631	4172.3	429	
	10.16	21.06				
M3	10.1	21.07	30414	4200.7	376	
	10.19	21.18				
M4	10.1	20.1	32931	4175.7	410	
	10.12	20.11				
M5	10.12	20.8	33917	4104.2	421	
	10.13	20.84				
M6	10.06	20.81	34036	4004.2	427	
	10.1	20.75				
M7	10.08	21.04	36419	4109.7	453	
	10.16	20.93				
M8	10.18	21.06	36308	4176.6	447	
	10.17	21.25				
M9	10.15	21	34052	4122.2	420	
	10.16	21.05				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. IV. Para la relación a/c = 0.8

III. I. IV. I. Para el concreto patrón

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.11	20.57	9346	3850	117	103
	10.04	20.53				
M2	10.19	21.09	7882	4010	96	
	10.22	21.13				
M3	10.32	21.26	8059	4160	96	
	10.31	21.15				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.98	20.74	10481	3919.5	133	125
	10.09	20.80				
M2	10.14	20.95	8161	3949.9	103	
	9.99	20.94				
M3	9.98	20.55	10842	3844.7	138	
	9.99	20.57				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.10	20.86	12316	3825.9	153	160
	10.12	20.88				
M2	10.20	21.17	11523	4025.2	141	
	10.22	21.15				
M3	10.12	21.20	11679	3982.4	145	
	10.14	21.22				
M4	10.08	20.48	13894	3806.8	174	
	10.10	20.50				
M5	10.12	20.66	14130	3869	175	
	10.14	20.62				
M6	10.12	20.76	14459	3918.6	179	
	10.14	20.80				
M7	10.12	20.84	11903	3932.9	148	
	10.14	20.90				
M8	10.16	21.00	13019	3998.8	161	
	10.14	20.98				
M9	10.10	20.99	13518	4016.7	168	
	10.14	21.02				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. IV. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.17	21.01	14746	4086.1	182	177
	10.13	21.05				
M2	10.06	21.00	14462	3947.9	181	
	10.09	20.03				
M3	10.08	20.95	13420	4077	168	
	10.10	20.98				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.20	20.01	18219	4074.7	223	211
	10.18	20.02				
M2	10.03	20.03	16772	4099.4	212	
	10.05	20.02				
M3	10.03	20.01	15510	4073.6	196	
	10.02	20.05				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.04	20.79	17784	3932.1	224	220
	10.06	20.8				
M2	10.09	20.6	17070	3912.1	213	
	10.13	20.7				
M3	10.16	21.3	17791	4051.2	221	
	10.09	21.18				
M4	10.34	21.01	17794	4212.9	213	
	10.29	21.07				
M5	10.11	20.9	17918	3984	224	
	10.08	20.8				
M6	9.95	21	17973	4062.5	228	
	10.1	21.1				
M7	9.96	20.9	17449	4009.2	224	
	9.98	20.92				
M8	10	21.2	17676	4081.9	224	
	10.04	21.12				
M9	9.87	20.34	16302	3877.4	211	
	9.95	20.36				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III. I. IV. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				7días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.13	20.88	19710	3987.1	244	238
	10.16	20.90				
M2	10.16	20.38	19335	3964.8	238	
	10.18	20.44				
M3	10.26	20.32	19070	3966.8	232	
	10.20	20.34				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.14	20.68	19760	3971	244	243
	10.15	20.72				
M2	10.16	20.80	19158	4022.5	237	
	10.11	20.83				
M3	10.16	20.81	19819	3997.7	246	
	10.10	20.90				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.22	21.05	23253	4049.4	283	294
	10.24	21.13				
M2	10.18	20.84	21191	3960.9	261	
	10.16	20.8				
M3	10.15	20.93	23390	3991	287	
	10.22	21				
M4	10.2	21.13	25024	4025.3	308	
	10.14	21.08				
M5	10.2	20.9	21856	3963.5	269	
	10.16	20.85				
M6	10.07	20.64	24396	3892.3	304	
	10.13	20.7				
M7	10.14	21	25085	4007.3	310	
	10.17	21.03				
M8	10.16	21.1	24567	4060.2	302	
	10.19	21.18				
M9	10.12	20.9	25979	3970.9	321	
	10.18	20.85				

III. I. IV. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				7 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.98	20.63	19734	3967	252	248
	10	20.89				
M2	9.92	20.64	19217	3954.7	248	
	9.94	20.7				
M3	10.08	21.02	19733	4101.4	245	
	10.16	21.04				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				14 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.01	20.67	20891	3959.5	264	255
	10.06	20.62				
M2	10.13	21.18	19715	4163.6	246	
	10.09	21.20				
M3	10.10	21.24	20605	4130.4	255	
	10.17	21.10				
ENSAYO DE COMPRESION AXIAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.17	21.14	23098	4164.3	284	331
	10.19	21.12				
M2	10.22	21.13	28268	4157.3	343	
	10.26	21.11				
M3	10.1	20.91	29140	4102.2	360	
	10.2	20.92				
M4	10.14	20.95	26082	4130.5	321	
	10.2	20.97				
M5	10.1	21.12	24900	4042	310	
	10.14	20.72				
M6	10.2	21.22	30473	4213.3	372	
	10.22	21.26				
M7	10.09	20.53	25807	4006.2	324	
	10.05	20.55				
M8	10.17	21.16	26100	4202.3	319	
	10.23	21.19				
M9	10.08	20.69	27617	4037.3	345	
	10.1	20.70				

III.II. Resistencias a la tracción por compresión diametral.

III.II. I. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.5

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.5		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.98	20.91	13971	4059.2	43	41
	9.97	20.96				
M2	9.94	20.96	12393	4017.5	38	
	9.97	20.85				
M3	9.96	20.91	13819	4001.7	42	
	9.95	20.84				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.12	20.63	14153	3973.8	43	45
	10.15	20.61				
M2	10.20	20.66	15818	4070.9	48	
	10.21	20.69				
M3	10.14	20.51	14128	4064	43	
	10.10	20.50				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	21.07	16762	4179.7	50	50
	10.14	21.02				
M2	10.01	21.63	17827	4056.5	52	
	10.16	21.7				
M3	9.98	21.66	16395	4064.9	48	
	10.05	21.63				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.5		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.23	21.04	15053	4202.6	44	46
	10.24	21.1				
M2	10.16	21	15818	4132.8	47	
	10.13	21.03				
M3	10.2	20.9	15028	4089	45	
	10.18	20.86				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III.II. II. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.6

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.6		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	9.99	21.02	13342	4059.2	41	33
	9.93	21.09				
M2	9.89	20.72	10019	4017.5	31	
	9.93	20.8				
M3	9.92	21.01	9402	4001.7	29	
	9.93	21.05				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.04	20.63	12236	3973.8	38	38
	10.05	20.61				
M2	10.09	20.66	14045	4070.9	43	
	10.07	20.69				
M3	10.05	20.51	11033	4064	34	
	10.05	20.50				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.23	21.07	11556	4179.7	34	43
	10.2	21.02				
M2	10.1	21.63	17322	4056.5	51	
	10.05	21.7				
M3	10.13	21.66	14842	4064.9	43	
	10.01	21.63				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.6		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.24	21.04	15541	4202.6	46	39
	10.2	21.1				
M2	10.15	21	12106	4132.8	36	
	10.1	21.03				
M3	10.2	20.9	11968	4089	36	
	10.12	20.86				

III.II. III. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.7

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.7		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	20.81	7153	3981.6	22	21
	10.03	20.82				
M2	10.05	20.78	6534	3917.3	20	
	10.07	20.76				
M3	10.06	20.85	6864	3986.1	21	
	10.07	20.85				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.10	20.63	9517	4117.2	29	33
	10.10	20.68				
M2	10.05	20.62	9971	3973.9	31	
	10.07	20.63				
M3	10.01	20.81	12476	4013.4	38	
	10.02	20.80				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.14	21	14092	4139.2	42	39
	10.16	20.88				
M2	10.13	21.22	11042	4183.5	33	
	10.11	21.25				
M3	10.03	20.7	13766	4039.6	42	
	10.1	20.76				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.7		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.04	20.87	13473	4085.4	41	39
	10.14	20.85				
M2	10.1	20.97	12898	4078.9	39	
	10.03	20.92				
M3	10.04	20.66	12096	4011.3	37	
	10	20.89				

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

III.II. IV. Resistencias a la tracción diametral para la relación a/c=0.8

ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.8		PATRÓN				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.08	20.06	7277		23	22
	10.05	20.04				
M2	10.04	20.80	7006		21	
	10.07	20.70				
M3	10.10	20.50	6931		21	
	10.07	20.30				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 0.72%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.02	21.04	7815	4074.4	24	22
	10.06	21.03				
M2	9.94	20.93	6765	3999.7	21	
	10.06	20.8				
M3	10.00	21.09	6869	4033.6	21	
	10.02	21.1				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.18%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.19	21.97	13118	4201	31	37
	10.23	31.19				
M2	10.23	21.25	13049	4223.9	38	
	10.2	21.29				
M3	10.09	20.65	13734	3985.4	42	
	10.05	20.61				
ENSAYO DE TRACCIÓN DIAMETRAL						
A/C = 0.8		PATRÓN CON ADIT. 1.00%				28 días
Muestras	DIAMETRO (cm)	altura (cm)	fuerza (kgf)	peso (g)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
M1	10.06	20.64	11531	3894.7	35	33
	10.05	20.67				
M2	10.14	21.2	8707	4063.5	26	
	10.2	21.15				
M3	10	20.57	12377	3865.5	38	
	10.1	20.53				

III.III. Modulo elástico estático

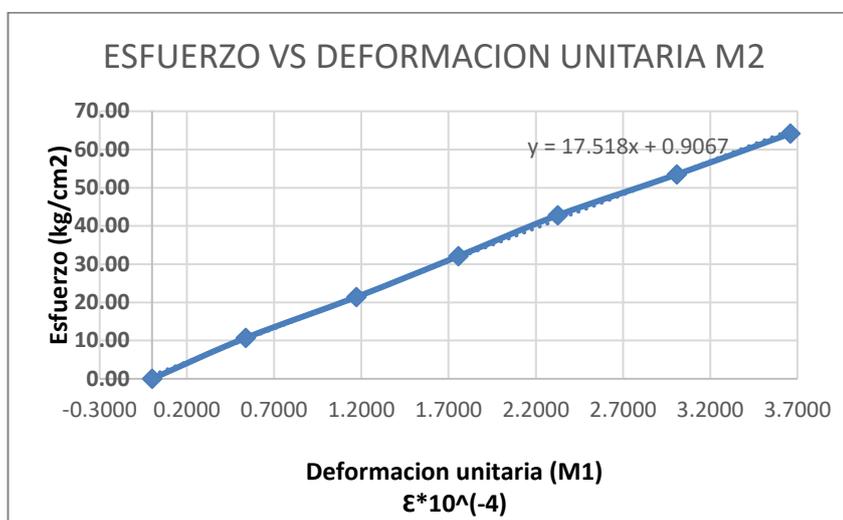
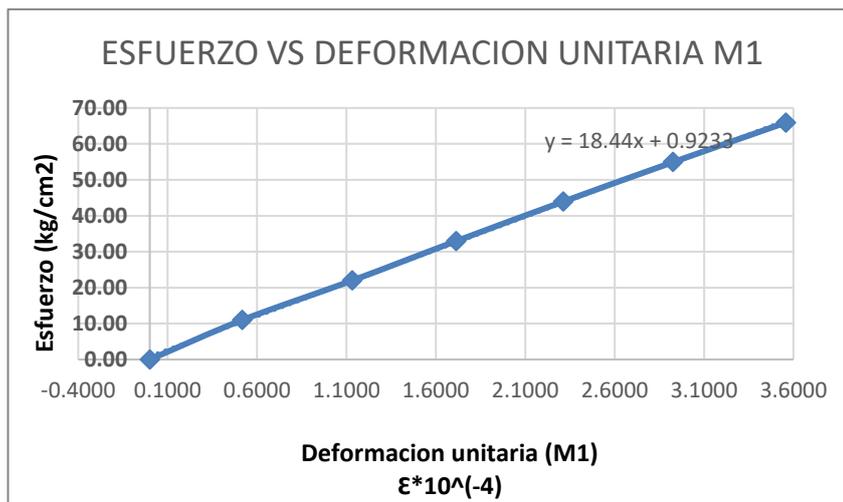
III.III. I. Para la relación a/c=0.5

III.III. I. I. Para el concreto patrón

PATRON A/C=0.50			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.22	15.44
		15.23	15.42
Área (cm ²)		182.06	186.99
Carga máxima kgf		30666.00	
E1=40% Carga Max.		67.38	65.60
Altura (cm)		30.91	30.75
		30.93	30.73

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.0000	0.0000
2000	10.99	10.70	0.0160	0.0165	0.5175	0.5368
4000	21.97	21.39	0.0350	0.0360	1.1320	1.1711
6000	32.96	32.09	0.0530	0.0540	1.7141	1.7567
8000	43.94	42.78	0.0715	0.0715	2.3124	2.3260
10000	54.93	53.48	0.0905	0.0925	2.9269	3.0091
12000	65.91	64.17	0.1100	0.1125	3.5576	3.6597

E1 (kg/cm ²)	67.3772	65.5987
E0 (kg/cm ²)	10.1433	9.6972
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	3.6038	3.6929
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	184400.00	175081.34
M.E.E. prom. (kg/cm²)	179740.67	

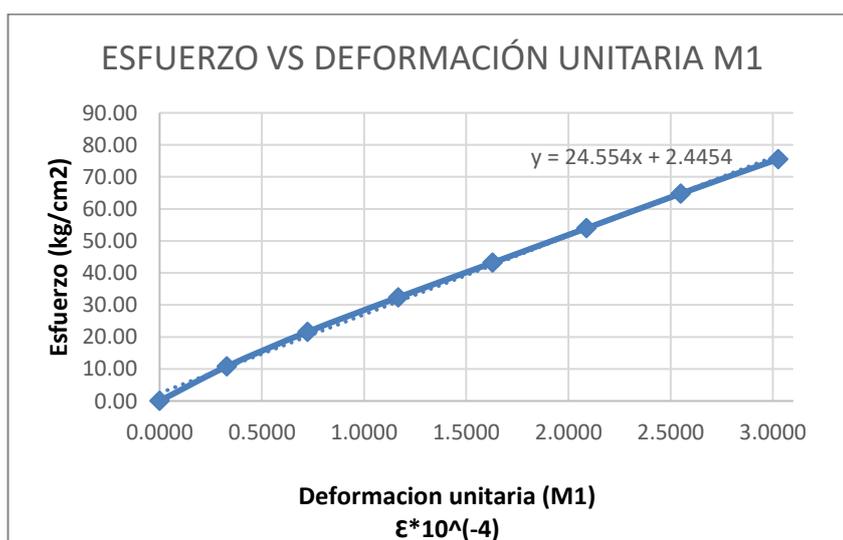


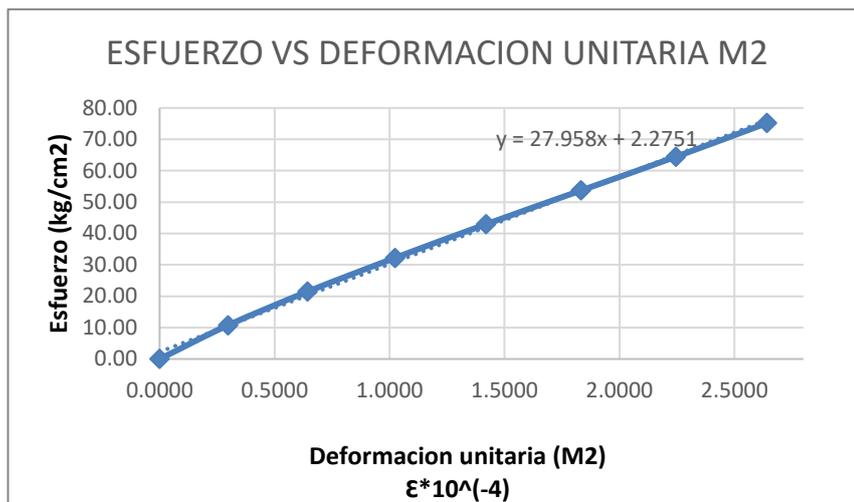
III.III. I. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

PATRON A/C=0.50 CON ADIT. 0.72%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.40	15.38
		15.32	15.42
Área (cm ²)		185.30	186.27
Carga máxima kgf		38657.00	
E1=40% Carga Max.		83.45	83.02
Altura (cm)		30.39	30.27
		30.42	30.31

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	10.79	10.74	0.01	0.009	0.3289	0.2971
4000	21.59	21.47	0.022	0.0195	0.7236	0.6438
6000	32.38	32.21	0.0355	0.031	1.1676	1.0234
8000	43.17	42.95	0.0495	0.043	1.6280	1.4196
10000	53.97	53.69	0.0635	0.0555	2.0885	1.8323
12000	64.76	64.42	0.0775	0.068	2.5489	2.2450
14000	75.55	75.16	0.092	0.08	3.0258	2.6411

E1 (kg/cm ²)	83.4480	83.0150
E0 (kg/cm ²)	14.7224	16.2541
$\epsilon 1 * 10^{-4}$	3.2990	2.8879
$\epsilon 0 * 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	245540.00	279580.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	262560.00	



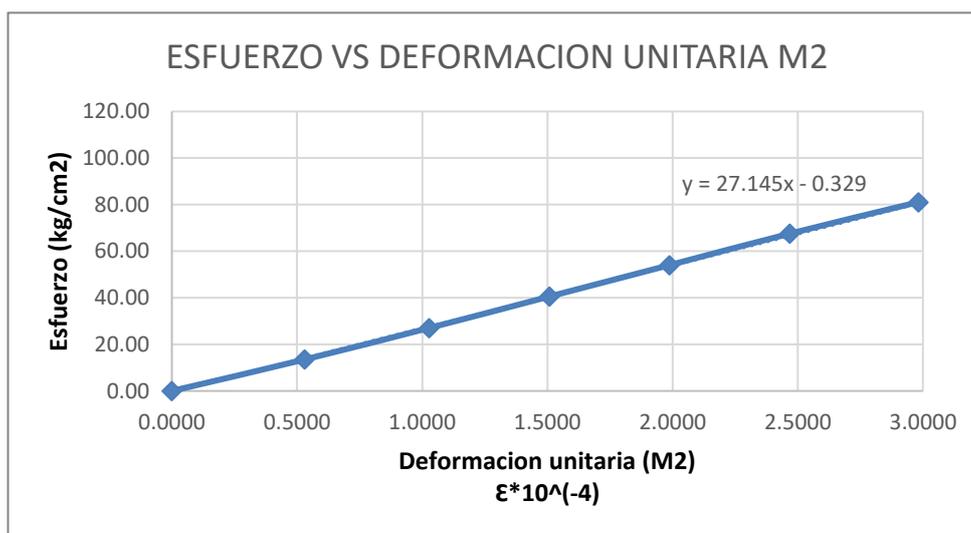
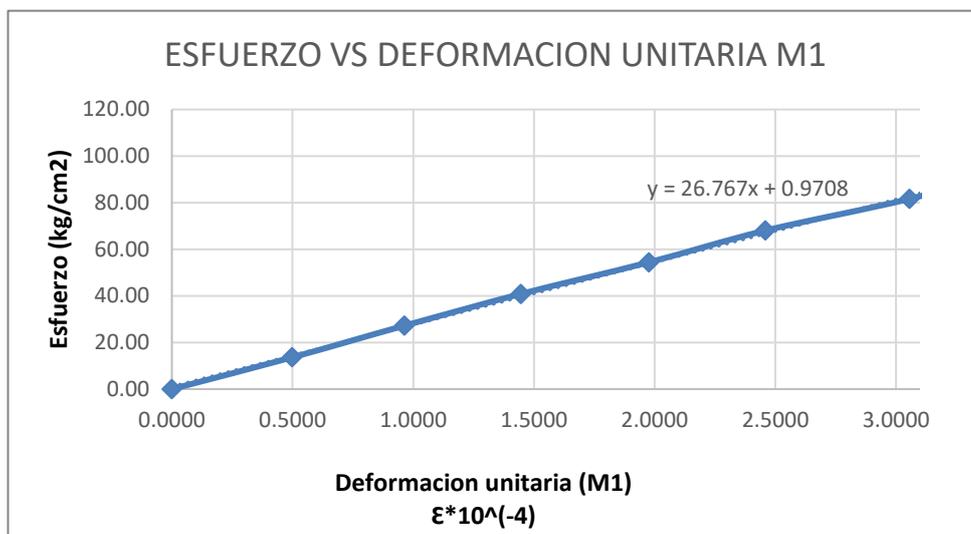


III.III. I. III. Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

PATRON A/C=0.50 CON ADIT. 1.00%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.36	15.36
		15.23	15.34
Área (cm ²)		183.73	185.06
Carga máxima (kgf)		51670.00	
E1=40% Carga Max.		112.49	111.68
Altura (cm)		30.20	30.19
		30.00	30.17

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon \cdot 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon \cdot 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2500	13.61	13.51	0.015	0.016	0.4983	0.5302
5000	27.21	27.02	0.029	0.031	0.9635	1.0272
7500	40.82	40.53	0.0435	0.0455	1.4452	1.5076
10000	54.43	54.04	0.0595	0.06	1.9767	1.9881
12500	68.03	67.55	0.074	0.0745	2.4585	2.4685
15000	81.64	81.06	0.092	0.09	3.0565	2.9821
17500	95.25	94.57	0.106	0.106	3.5216	3.5123
20000	108.85	108.07	0.122	0.121	4.0532	4.0093

E1 (kg/cm ²)	112.4889	111.6842
E0 (kg/cm ²)	14.3543	13.9015
$\epsilon_1 \cdot 10^{-4}$	4.1663	4.1022
$\epsilon_0 \cdot 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	267670.00	271450.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	269560.00	

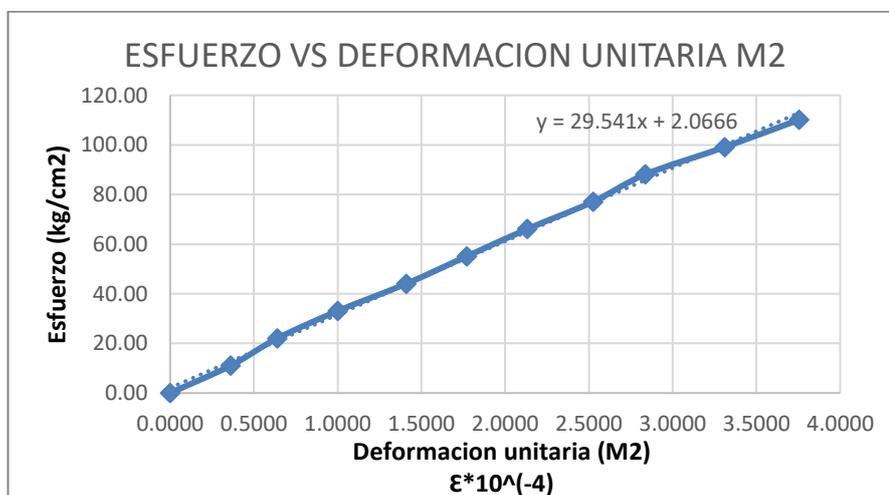
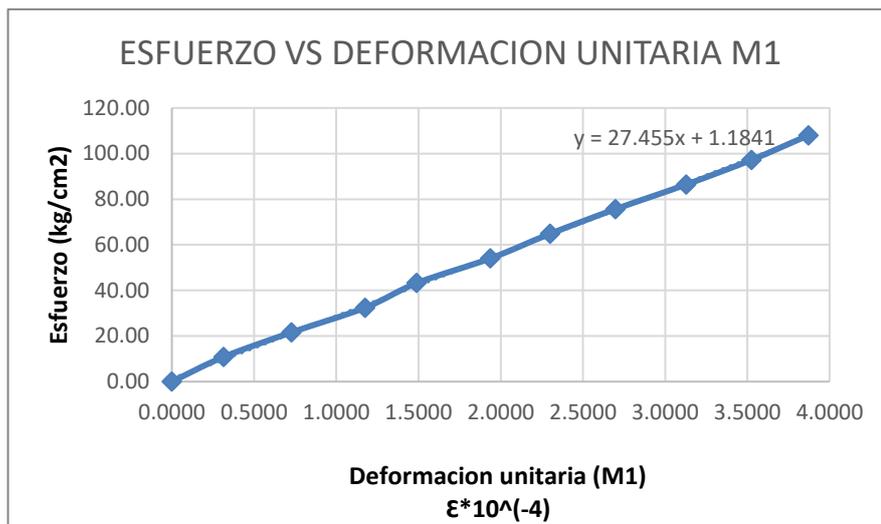


III.III. I. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

PATRON A/C=0.50 CON ADIT. 1.18%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.40	15.13
		15.31	15.28
Área (cm ²)		185.18	181.58
Carga máxima (kgf)		52661.00	
E1=40% Carga Max.		113.75	116.01
Altura (cm)		30.20	30.70
		30.24	30.30

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	10.80	11.01	0.0095	0.011	0.3144	0.3607
4000	21.60	22.03	0.022	0.0195	0.7280	0.6393
6000	32.40	33.04	0.0355	0.0305	1.1747	1.0000
8000	43.20	44.06	0.045	0.043	1.4891	1.4098
10000	54.00	55.07	0.0585	0.054	1.9358	1.7705
12000	64.80	66.09	0.0695	0.065	2.2998	2.1311
14000	75.60	77.10	0.0815	0.077	2.6969	2.5246
16000	86.40	88.12	0.0945	0.0865	3.1271	2.8361
18000	97.20	99.13	0.1065	0.101	3.5242	3.3115
20000	108.00	110.15	0.117	0.1145	3.8716	3.7541

E1 (kg/cm ²)	113.7521	116.0076
E0 (kg/cm ²)	14.9116	16.8371
$\epsilon 1 * 10^{-4}$	4.1001	3.8570
$\epsilon 0 * 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	274550.00	295410.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	284980.00	



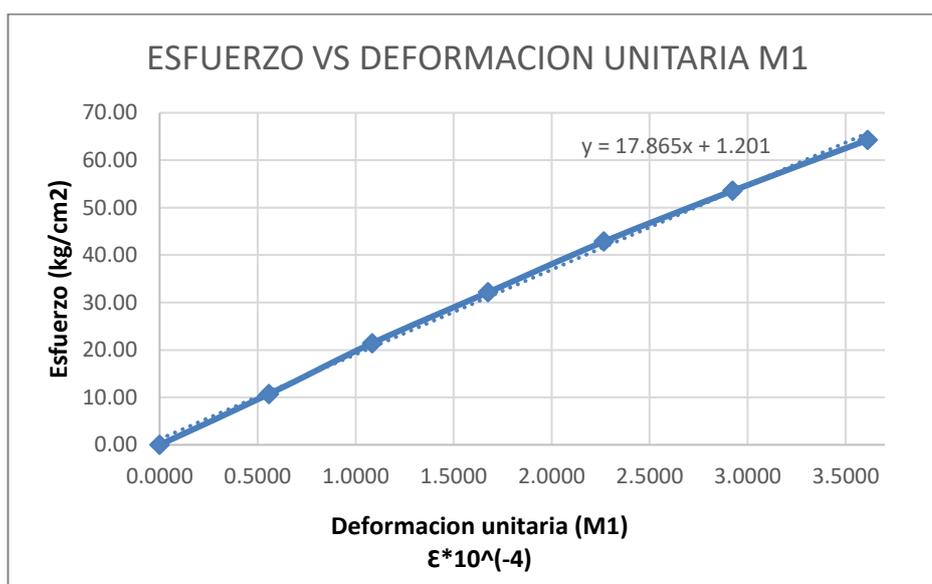
III.III. II. Para la relación a/c=0.6

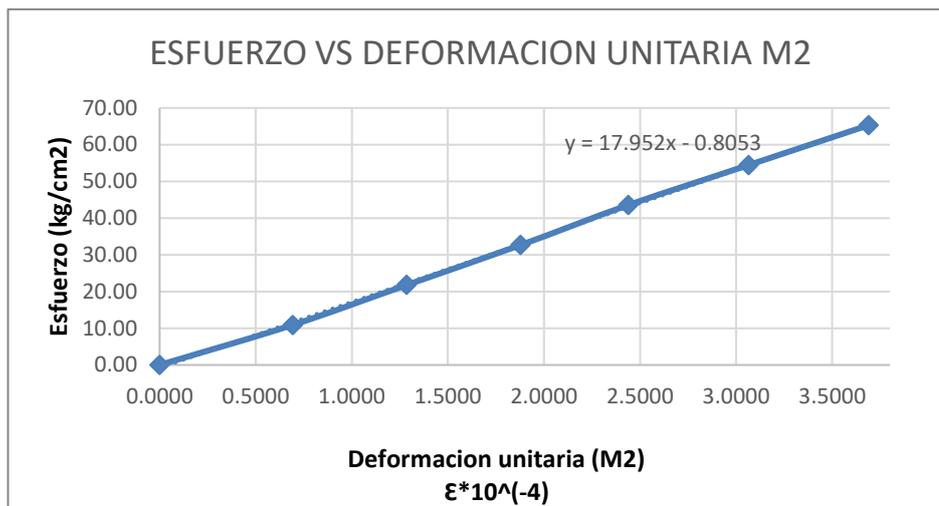
III.III. II. I. Para el concreto patrón

PATRON A/C=0.60			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.40	15.20
		15.44	15.39
Área (cm ²)		186.75	183.73
Carga máxima (kgf)		26303.00	
E1=40% Carga Max.		56.34	57.26
Altura (cm)		30.4	30.3
		30.5	30.4

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	10.71	10.89	0.017	0.021	0.5583	0.6919
4000	21.42	21.77	0.033	0.039	1.0837	1.2850
6000	32.13	32.66	0.051	0.057	1.6749	1.8781
8000	42.84	43.54	0.069	0.074	2.2660	2.4382
10000	53.55	54.43	0.089	0.093	2.9228	3.0643
12000	64.26	65.31	0.11	0.112	3.6125	3.6903

E1 (kg/cm2)	56.3387	57.2633
E0 (kg/cm2)	10.1335	8.1707
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	3.0864	3.2347
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	178650.00	179520.00
M.E.E. prom. (kg/cm2)	179085.00	



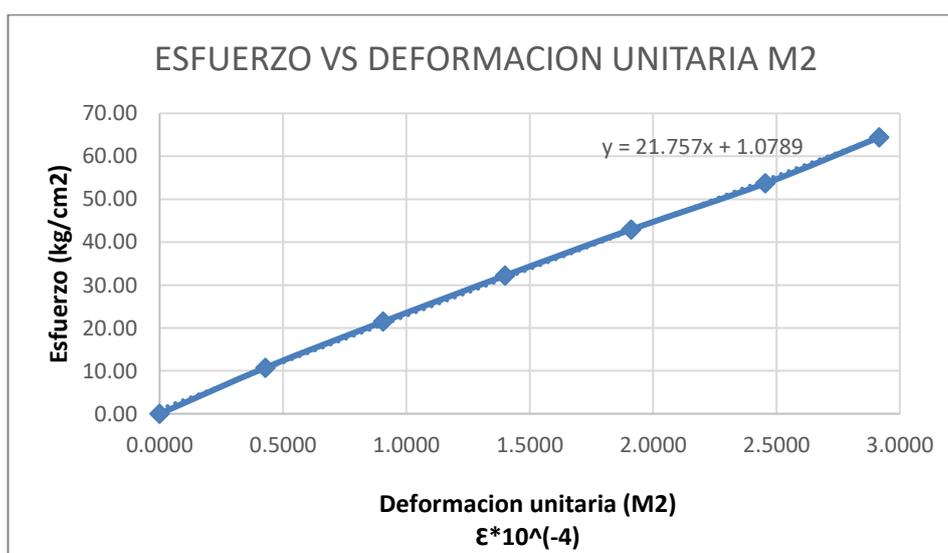
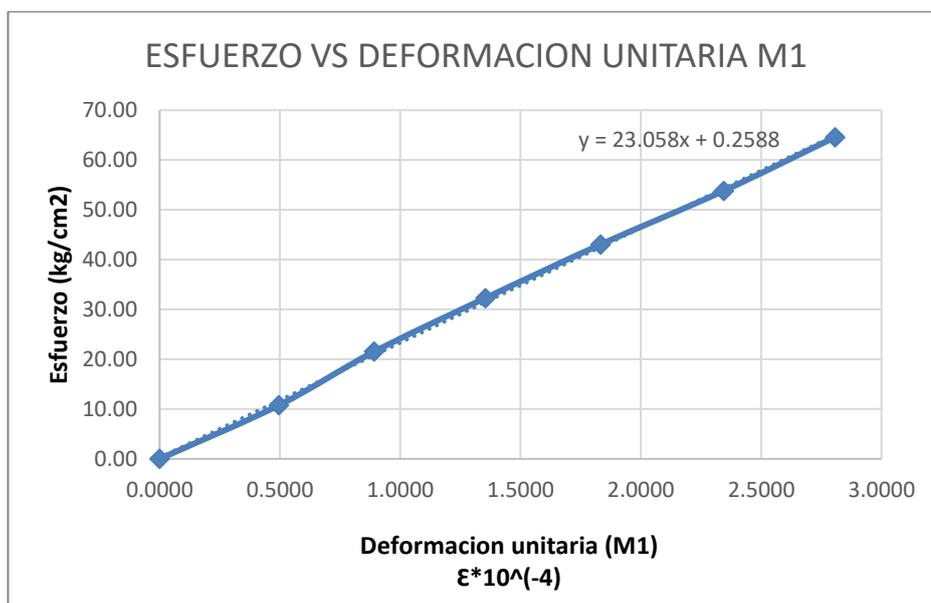


III.III. II. II Para el concretó patrón + 0.72% aditivo

PATRON A/C=0.60 CON ADIT. 0.72%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.40	15.38
		15.36	15.42
Área (cm ²)		185.78	186.27
Carga maxima (kgf)		28511.00	
E1=40% Carga Max.		61.39	61.23
Altura (cm)		30.26	30.33
		30.3	30.37

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon \cdot 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon \cdot 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	10.77	10.74	0.015	0.013	0.4954	0.4283
4000	21.53	21.47	0.027	0.0275	0.8917	0.9061
6000	32.30	32.21	0.041	0.0425	1.3540	1.4003
8000	43.06	42.95	0.0555	0.058	1.8329	1.9110
10000	53.83	53.69	0.071	0.0745	2.3448	2.4547
12000	64.59	64.42	0.085	0.0885	2.8071	2.9160

E1 (kg/cm ²)	61.3861	61.2267
E0 (kg/cm ²)	11.7878	11.9574
$\epsilon_1 \cdot 10^{-4}$	2.6510	2.7645
$\epsilon_0 \cdot 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	230580.00	217570.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	224075.00	

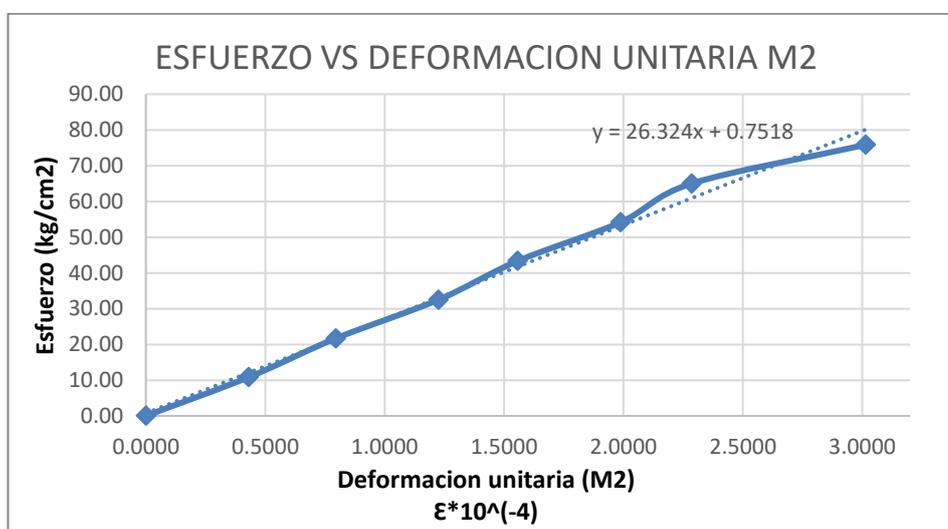
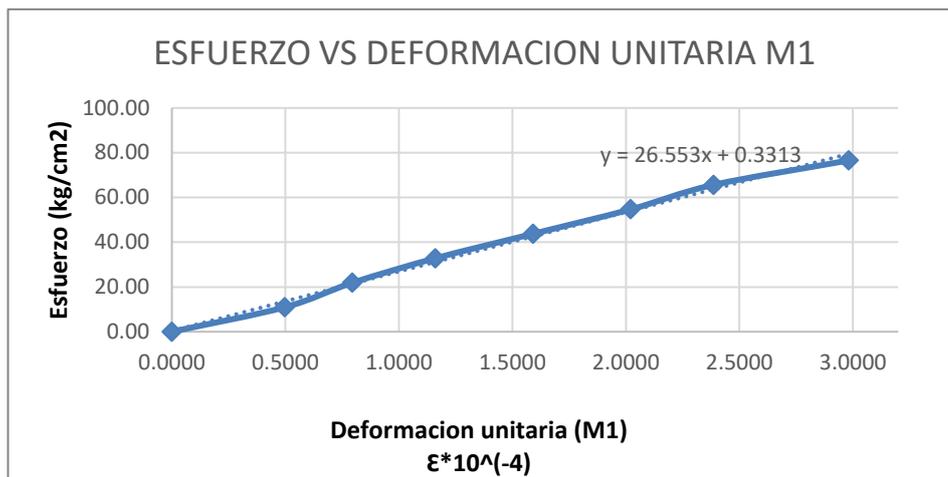


III.III. II. III Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

PATRON A/C=0.60 CON ADIT. 1.00%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.20	15.31
		15.32	15.35
Área (cm ²)		182.89	184.58
Carga máxima (kgf)		40954.00	
E1=40% Carga Max.		89.57	88.75
Altura (cm)		30.16	30.15
		30.20	30.22

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	10.94	10.84	0.015	0.013	0.4970	0.4307
4000	21.87	21.67	0.024	0.024	0.7952	0.7951
6000	32.81	32.51	0.035	0.037	1.1597	1.2258
8000	43.74	43.34	0.048	0.047	1.5905	1.5571
10000	54.68	54.18	0.061	0.06	2.0212	1.9877
12000	65.61	65.01	0.072	0.069	2.3857	2.2859
14000	76.55	75.85	0.09	0.091	2.9821	3.0147

E1 (kg/cm ²)	89.5689	88.7528
E0 (kg/cm ²)	13.6078	13.9138
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	3.3607	3.3430
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	265530.00	263240.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	264385.00	

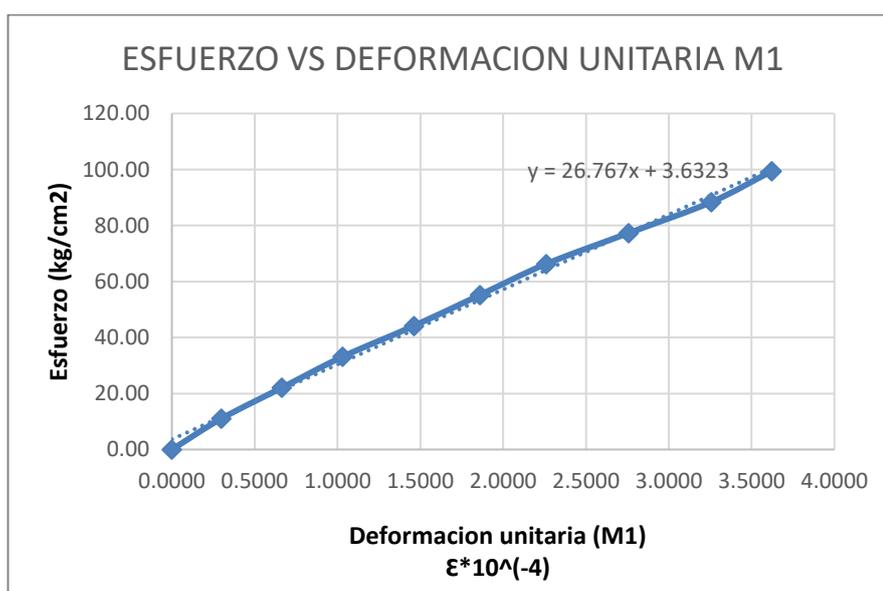


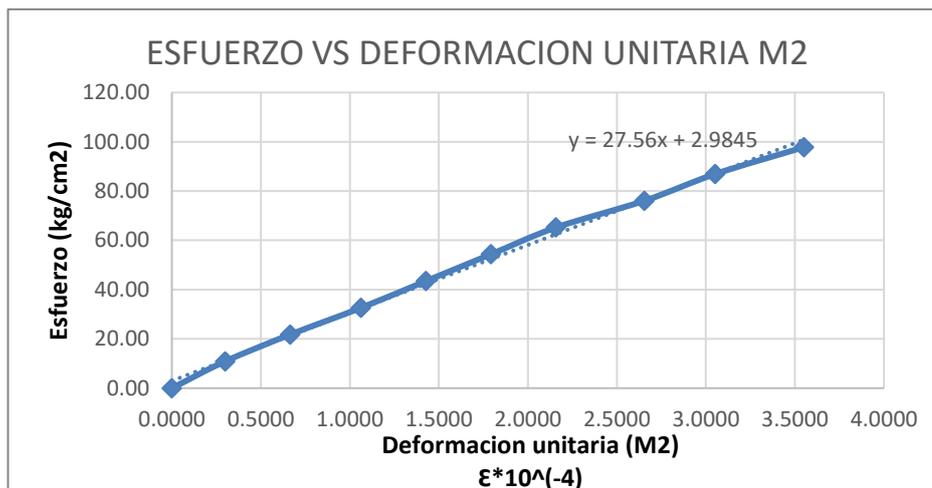
III.III. II. IV Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

PATRON A/C=0.60 CON ADIT. 1.18%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.15	15.27
		15.22	15.35
Área (cm ²)		181.10	184.09
Carga máxima (kgf)		42384.00	
E1=40% Carga Max.		93.61	92.09
Altura (cm)		30.08	30.11
		30.12	30.17

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.04	10.86	0.009	0.009	0.2990	0.2986
4000	22.09	21.73	0.02	0.02	0.6645	0.6636
6000	33.13	32.59	0.031	0.032	1.0299	1.0617
8000	44.17	43.46	0.044	0.043	1.4618	1.4267
10000	55.22	54.32	0.056	0.054	1.8605	1.7916
12000	66.26	65.18	0.068	0.065	2.2591	2.1566
14000	77.31	76.05	0.083	0.08	2.7575	2.6543
16000	88.35	86.91	0.098	0.092	3.2558	3.0524
18000	99.39	97.78	0.109	0.107	3.6213	3.5501

E1 (kg/cm ²)	93.6144	92.0920
E0 (kg/cm ²)	17.0158	16.7645
$\epsilon 1 * 10^{-4}$	3.3617	3.2332
$\epsilon 0 * 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	267670.00	275600.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	271635.00	





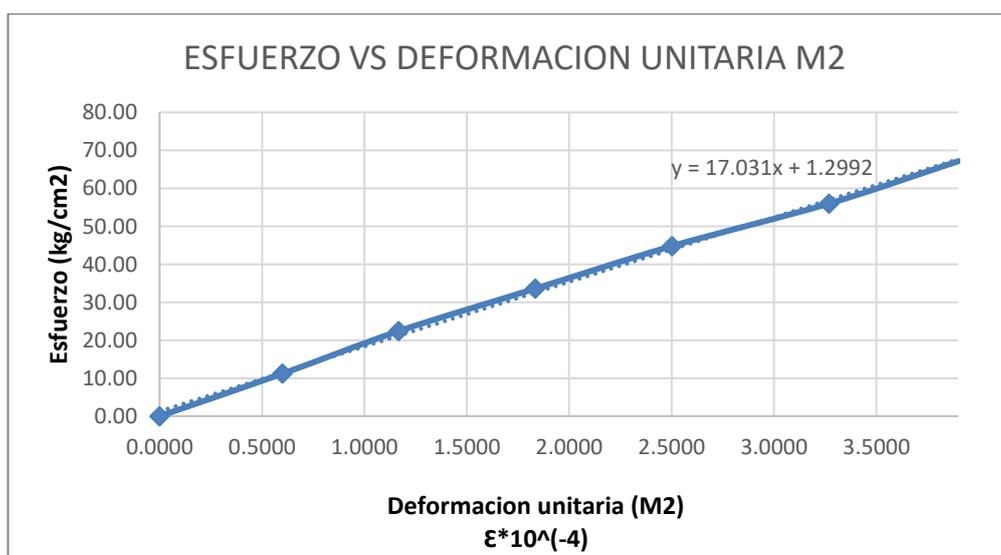
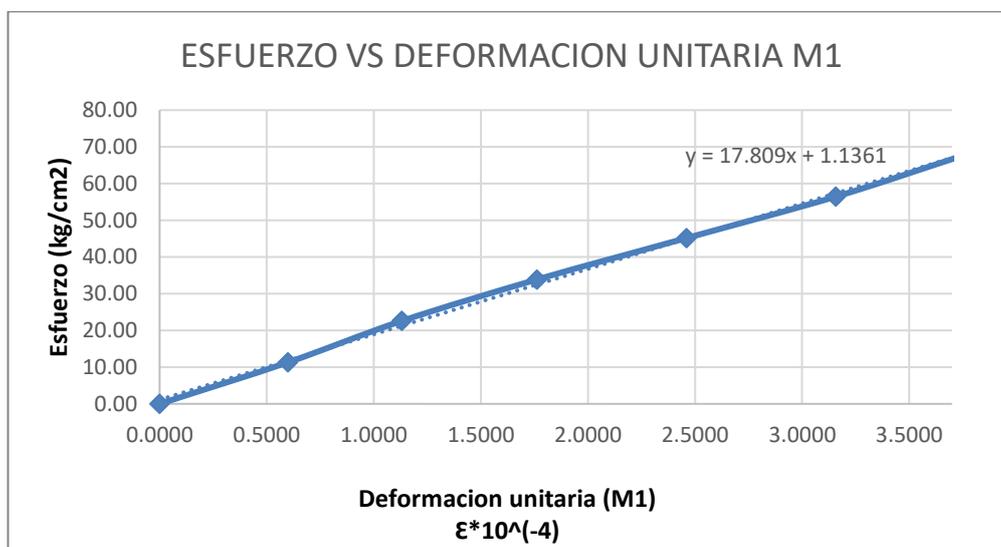
III.III. III. Para la relación a/c=0.7

III.III. III. I Para el concreto patrón

PATRON A/C=0.70			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.00	15.10
		15.04	15.06
Área (cm ²)		177.19	178.60
Carga máxima (kgf)		20246.00	
E1=40% Carga Max.		45.71	45.34
Altura (cm)		30.10	29.96
		30.07	30.01

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon \cdot 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon \cdot 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.29	11.20	0.018	0.018	0.5983	0.6003
4000	22.58	22.40	0.034	0.035	1.1301	1.1673
6000	33.86	33.59	0.053	0.055	1.7617	1.8343
8000	45.15	44.79	0.074	0.075	2.4597	2.5013
10000	56.44	55.99	0.095	0.098	3.1577	3.2683
12000	67.73	67.19	0.113	0.117	3.7560	3.9020

E1 (kg/cm ²)	45.7056	45.3426
E0 (kg/cm ²)	10.0406	9.8147
$\epsilon_1 \cdot 10^{-4}$	2.5026	2.5861
$\epsilon_0 \cdot 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	178090.00	170310.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	174200.00	

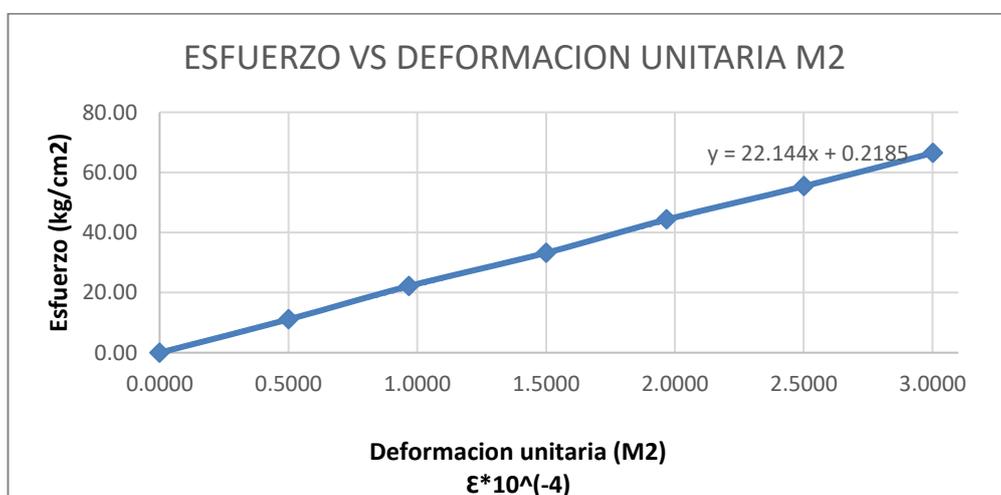
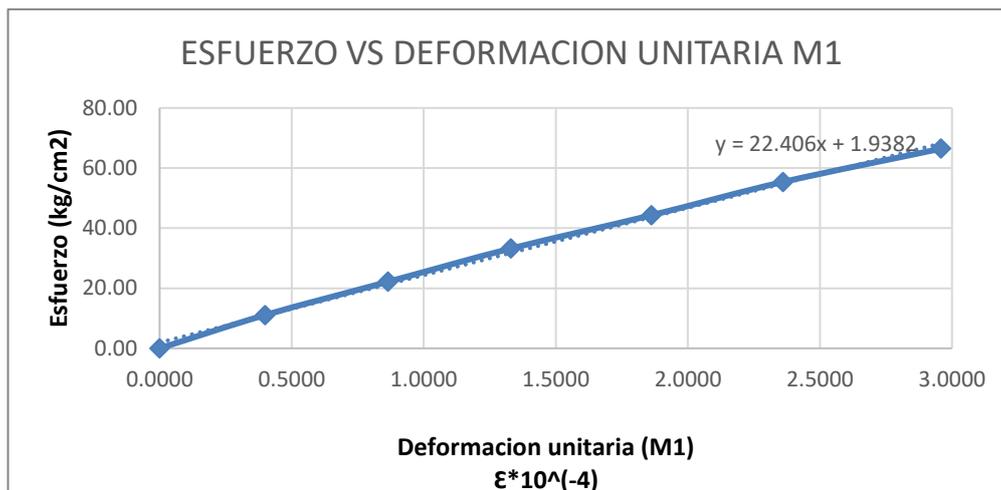


III.III. III. II Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

PATRON A/C=0.70 CON ADIT. 0.72%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.21	15.18
		15.12	15.14
Área (cm ²)		180.62	180.50
Carga máxima (kgf)		28778.00	
E1=40% Carga Max.		63.73	63.77
Altura (cm)		30.10	29.96
		30.07	30.01

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.07	11.08	0.012	0.015	0.3989	0.5003
4000	22.15	22.16	0.026	0.029	0.8642	0.9672
6000	33.22	33.24	0.040	0.045	1.3296	1.5008
8000	44.29	44.32	0.056	0.059	1.8614	1.9677
10000	55.36	55.40	0.071	0.075	2.3600	2.5013
12000	66.44	66.48	0.089	0.090	2.9583	3.0015

E1 (kg/cm ²)	63.7303	63.7723
E0 (kg/cm ²)	13.1412	11.2905
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	2.7578	2.8700
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	224060.00	221440.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	222750.00	

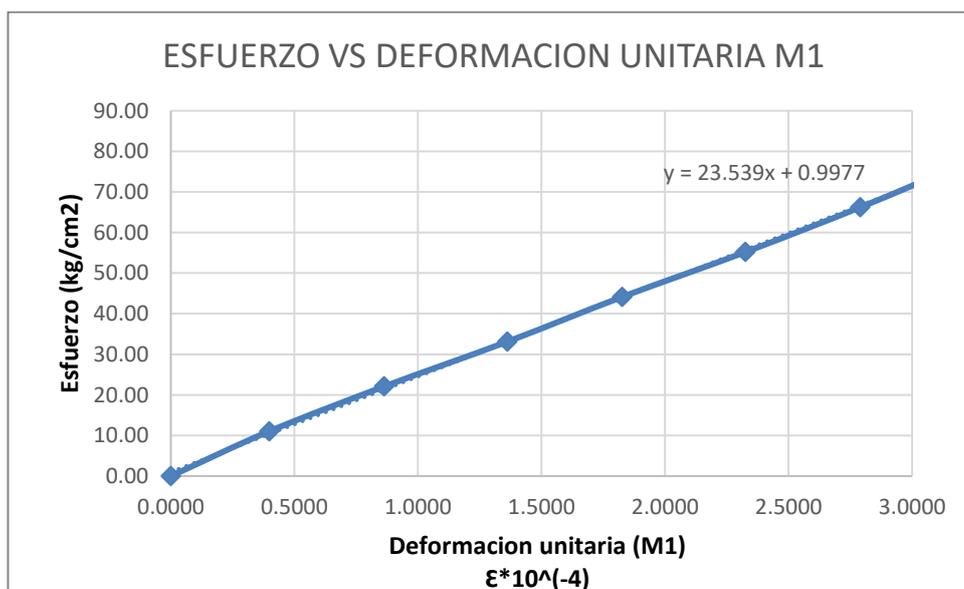


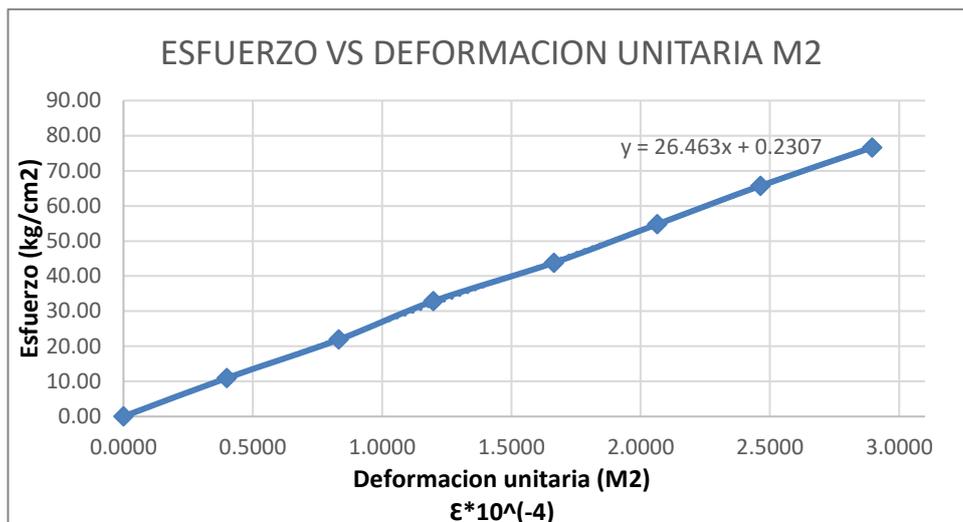
III.III. III. III Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

PATRON A/C=0.70 CON ADIT. 1.00%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.25	15.31
		15.13	15.19
Área (cm ²)		181.22	182.65
Carga máxima (kgf)		30360.00	
E1=40% Carga Max.		67.01	66.49
Altura (cm)		30.15	30.01
		30.06	30.08

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.04	10.95	0.012	0.012	0.3986	0.3994
4000	22.07	21.90	0.026	0.025	0.8636	0.8321
6000	33.11	32.85	0.041	0.036	1.3619	1.1982
8000	44.15	43.80	0.055	0.05	1.8269	1.6642
10000	55.18	54.75	0.07	0.062	2.3252	2.0636
12000	66.22	65.70	0.084	0.074	2.7902	2.4630
14000	77.25	76.65	0.097	0.087	3.2221	2.8957

E1 (kg/cm2)	67.0126	66.4863
E0 (kg/cm2)	12.7672	13.4622
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	2.8045	2.5037
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	235390.00	264630.00
M.E.E. prom. (kg/cm2)	250010.00	



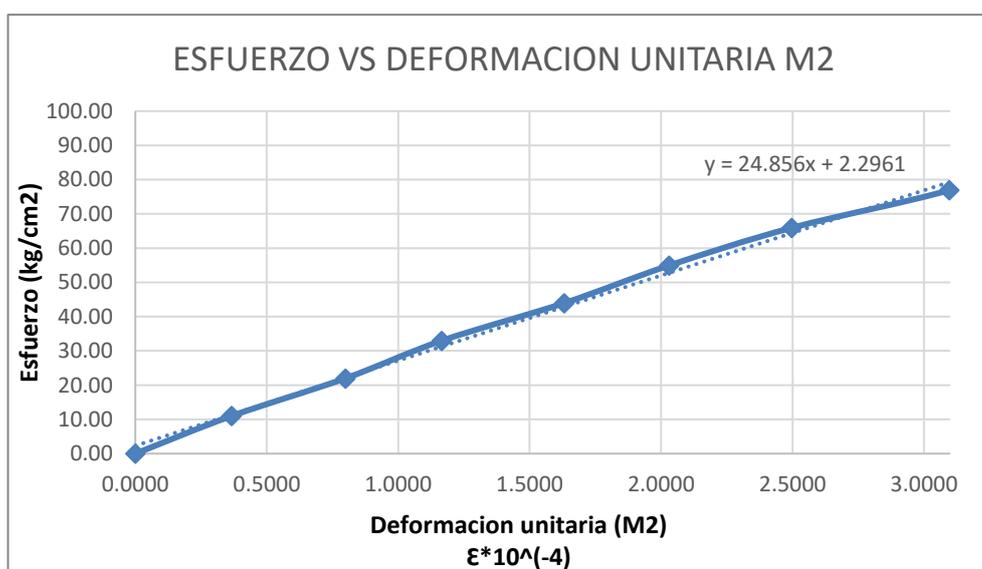
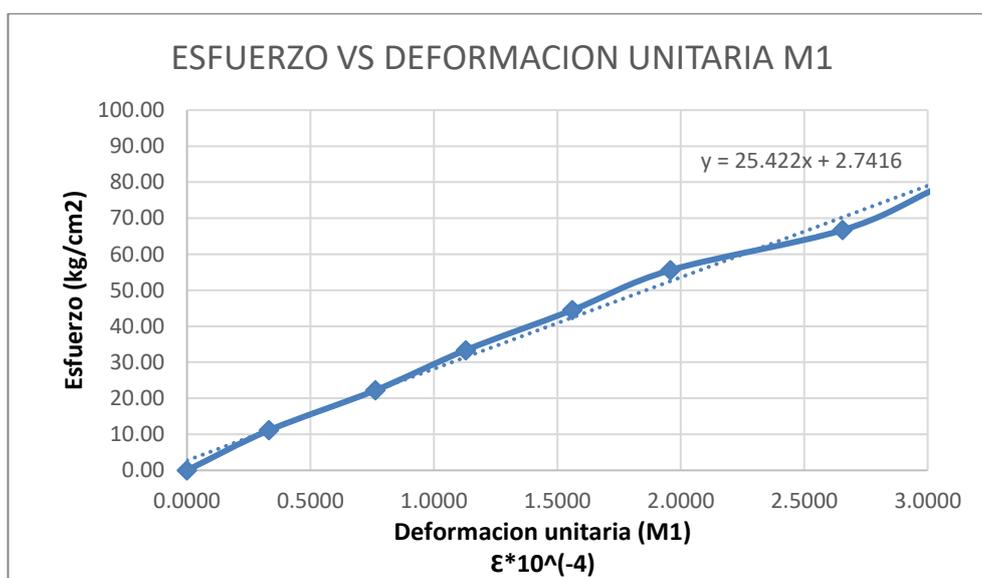


III.III. III. IV. Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

PATRON A/C=0.70 CON ADIT. 1.18%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.12	15.25
		15.15	15.20
Área (cm ²)		179.91	182.06
Carga máxima (kgf)		36308.00	
E1=40% Carga Max.		80.72	79.77
Altura (cm)		30.17	30.03
		30.08	30.05

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon \cdot 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon \cdot 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.12	10.99	0.01	0.011	0.3320	0.3662
4000	22.23	21.97	0.023	0.024	0.7635	0.7989
6000	33.35	32.96	0.034	0.035	1.1286	1.1651
8000	44.47	43.94	0.047	0.049	1.5602	1.6312
10000	55.58	54.93	0.059	0.061	1.9585	2.0306
12000	66.70	65.91	0.08	0.075	2.6556	2.4967
14000	77.82	76.90	0.091	0.093	3.0207	3.0959
16000	88.93	87.89	0.101	0.105	3.3527	3.4953

E1 (kg/cm ²)	80.7249	79.7734
E0 (kg/cm ²)	15.4626	14.7241
$\epsilon_1 \cdot 10^{-4}$	3.0676	3.1170
$\epsilon_0 \cdot 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	254181.05	248560.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	251370.53	



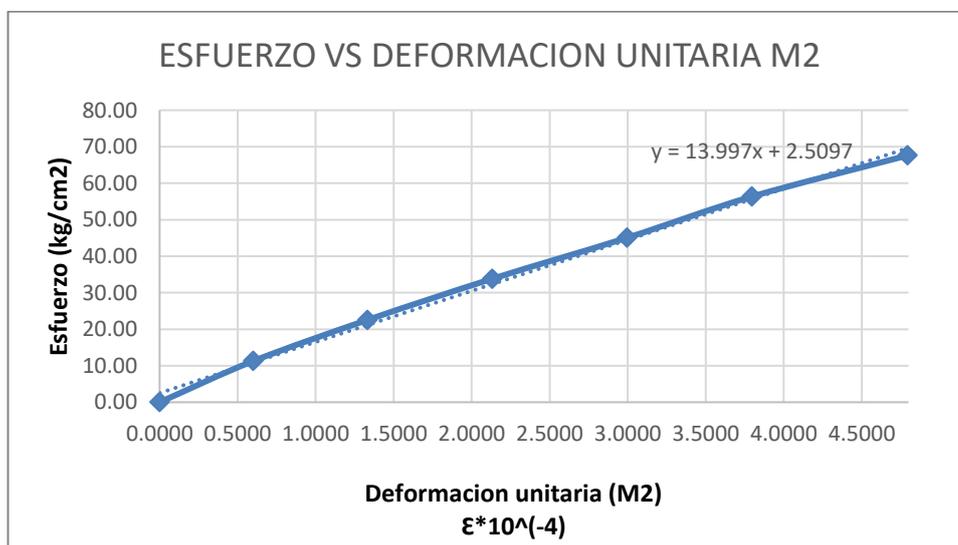
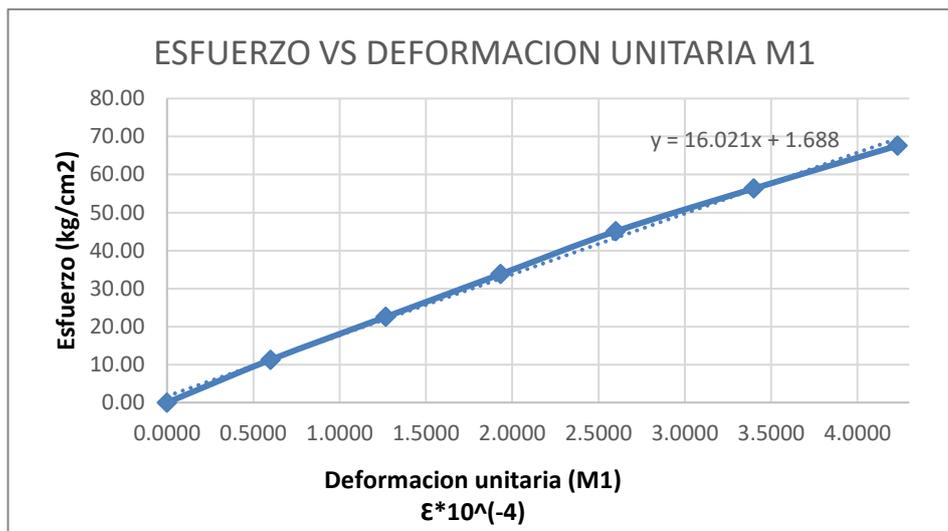
III.III. IV. Para la relación a/c=0.8

III.III. IV. I. Para el concreto patrón

PATRON A/C=0.80			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.03	15.02
		15.04	15.05
Área (cm ²)		177.54	177.54
Carga máxima (kgf)		14130.00	
E1=40% Carga Max.		31.84	31.84
Altura (cm)		30.00	30.03
		30.02	30.05

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.27	11.27	0.018	0.018	0.5998	0.5992
4000	22.53	22.53	0.038	0.040	1.2662	1.3316
6000	33.80	33.80	0.058	0.064	1.9327	2.1305
8000	45.06	45.06	0.078	0.090	2.5991	2.9960
10000	56.33	56.33	0.102	0.114	3.3989	3.7949
12000	67.59	67.59	0.127	0.144	4.2319	4.7936

E1 (kg/cm ²)	31.8350	31.8350
E0 (kg/cm ²)	9.6985	9.5082
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	1.8817	2.0951
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	160210.00	139970.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	150090.00	

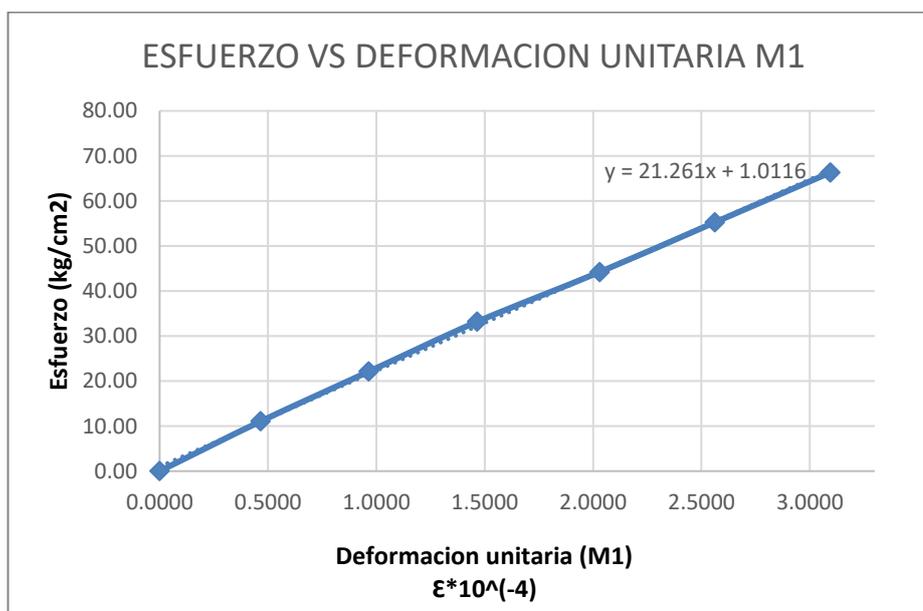


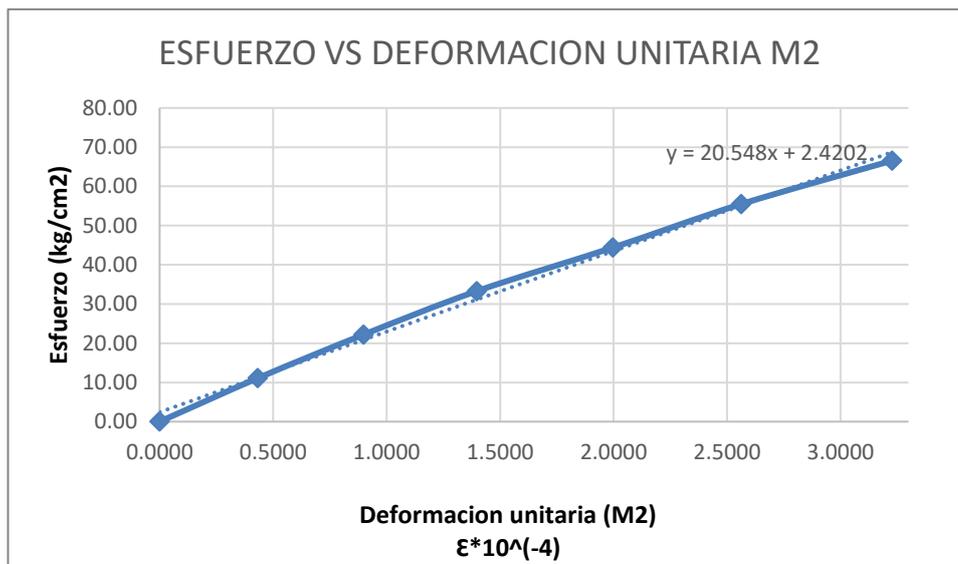
III.III. IV. II. Para el concreto patrón + 0.72% aditivo

PATRON A/C=0.8 CON ADIT. 0.72%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.16	15.14
		15.20	15.16
Área (cm ²)		180.98	180.27
Carga máxima (kgf)		17918.00	
E1=40% Carga Max.		39.60	39.76
Altura (cm)		30.04	30.08
		30.06	30.03

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.05	11.09	0.014	0.013	0.4659	0.4325
4000	22.10	22.19	0.029	0.027	0.9651	0.8984
6000	33.15	33.28	0.044	0.042	1.4642	1.3974
8000	44.20	44.38	0.061	0.060	2.0300	1.9963
10000	55.25	55.47	0.077	0.077	2.5624	2.5620
12000	66.31	66.57	0.093	0.097	3.0948	3.2274

E1 (kg/cm ²)	39.6019	39.7589
E0 (kg/cm ²)	11.6421	12.6942
$\epsilon 1 * 10^{-4}$	1.8151	1.8171
$\epsilon 0 * 10^{-4}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	212610.00	205480.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	209045.00	



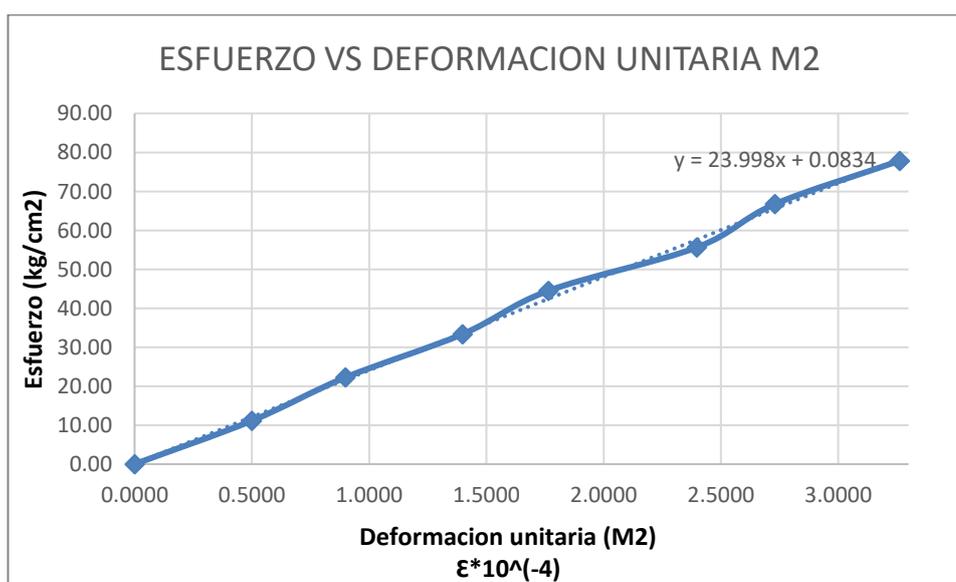
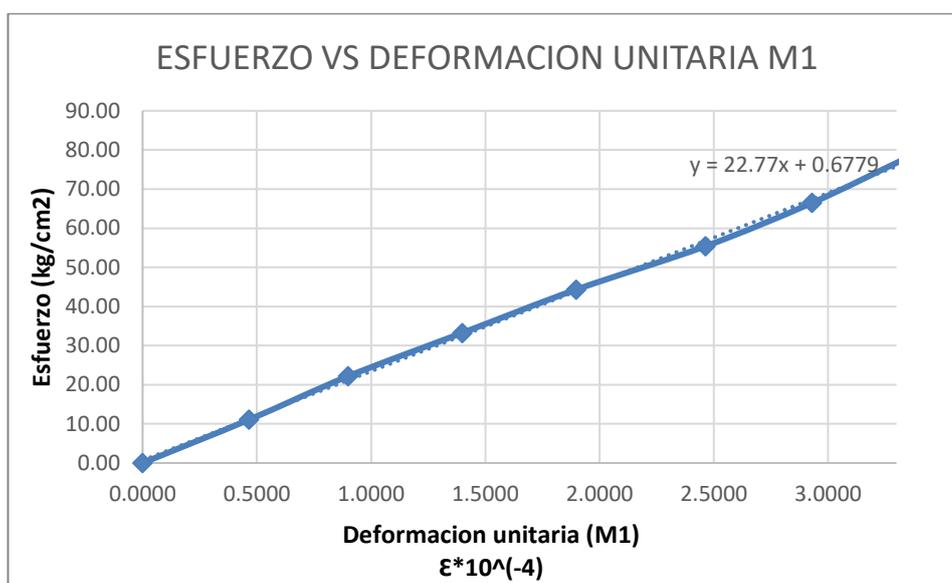


III.III. IV. III Para el concreto patrón + 1.00% aditivo

PATRON A/C=0.80 CON ADIT. 1.00%				
ENSAYO		EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO		28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)			15.14	15.12
			15.18	15.14
Área (cm ²)			180.50	179.79
Carga máxima (kgf)			25085.00	
E1=40% Carga Max.			55.59	55.81
Altura (cm)			30.02	30.06
			30.04	30.01

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon \cdot 10^{-4}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon \cdot 10^{-4}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	11.08	11.12	0.014	0.015	0.4662	0.4994
4000	22.16	22.25	0.027	0.027	0.8991	0.8990
6000	33.24	33.37	0.042	0.042	1.3986	1.3984
8000	44.32	44.50	0.057	0.053	1.8981	1.7646
10000	55.40	55.62	0.074	0.072	2.4642	2.3972
12000	66.48	66.74	0.088	0.082	2.9304	2.7301
14000	77.56	77.87	0.100	0.098	3.3300	3.2629

E1 (kg/cm ²)	55.5886	55.8093
E0 (kg/cm ²)	12.0629	12.0824
$\epsilon_1 \cdot 10^4$	2.4115	2.3231
$\epsilon_0 \cdot 10^4$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	227700.00	239852.57
M.E.E. prom. (kg/cm ²)	233776.29	

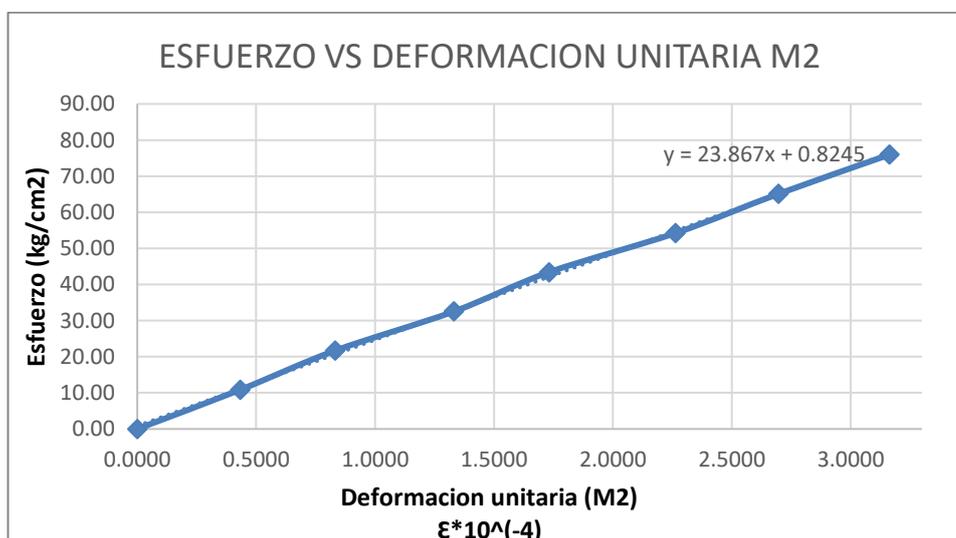
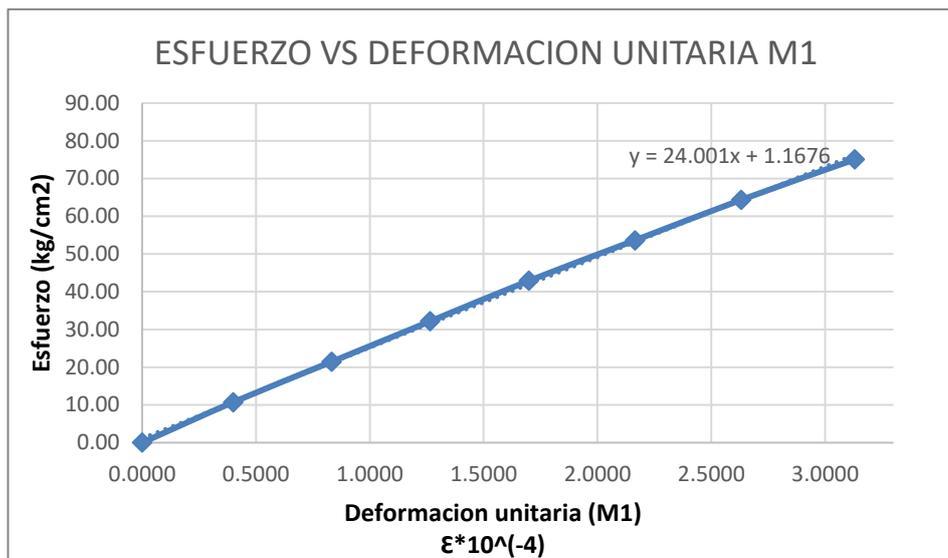


III.III. IV. IV Para el concreto patrón + 1.18% aditivo

PATRON A/C=0.8 CON ADIT. 1.18%			
ENSAYO	EDAD	MUESTRAS	
MÓDULO ELÁSTICO	28 días	M1	M2
DIAMETRO (cm)		15.38	15.24
		15.44	15.40
Área (cm ²)		186.51	184.33
Carga máxima (kgf)		29140.00	
E1=40% Carga Max.		62.50	63.23
Altura (cm)		30.40	30.60
		30.50	30.50

Carga (KG)	Carga aplicada 1	Carga aplicada 2	$\delta 1$ (mm)	$\delta 2$ (mm)	Deformación unitaria (M1) $\epsilon * 10^{(-4)}$	Deformación unitaria (M2) $\epsilon * 10^{(-4)}$
0	0.00	0.00	0	0	0.0000	0.0000
2000	10.72	10.85	0.012	0.013	0.3996	0.4328
4000	21.45	21.70	0.025	0.025	0.8325	0.8324
6000	32.17	32.55	0.038	0.040	1.2654	1.3318
8000	42.89	43.40	0.051	0.052	1.6983	1.7313
10000	53.62	54.25	0.065	0.068	2.1645	2.2640
12000	64.34	65.10	0.079	0.081	2.6307	2.6969
14000	75.06	75.95	0.094	0.095	3.1302	3.1630

E1 (kg/cm ²)	62.4963	63.2328
E0 (kg/cm ²)	13.1681	12.7580
$\epsilon 1 * 10^{(-4)}$	2.5553	2.6148
$\epsilon 0 * 10^{(-4)}$	0.5000	0.5000
M.E.E. =	240010.00	238670.00
M.E.E. prom. (kg/cm²)	239340.00	



III. IV. Ensayo de flexión

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 ²)	Promedio (Kg/cm ²)
0.5	C.P.	15.43	15.57	50.20	45.20	3250	39.280	38.547
		15.13	15.83	50.40	45.40	3160	37.815	
	C.P. + aditivo 0.72%	16.30	15.37	50.30	45.30	3920	46.136	45.945
		15.77	15.67	50.40	45.40	3900	45.754	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.33	15.80	50.10	45.10	4570	53.845	53.258
		15.80	15.30	50.20	45.20	4310	52.672	
C.P. + aditivo 1.18%	15.87	15.50	50.40	45.40	5050	60.145	60.987	
	15.37	15.50	50.20	45.20	5050	61.828		

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 ²)	Promedio (Kg/cm ²)
0.6	C.P.	15.50	15.90	50.80	45.80	2870	33.545	33.322
		15.17	15.63	51.30	46.30	2650	33.100	
	C.P. + aditivo 0.72%	15.77	15.37	50.60	45.60	3600	44.093	42.889
		15.43	15.70	50.70	45.70	3470	41.686	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.13	15.83	51.00	46.00	3970	48.136	47.720
		15.53	15.73	50.70	45.70	3980	47.303	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.47	15.77	50.20	45.20	4560	53.608	52.823
		15.37	15.73	50.40	45.40	4360	52.038	

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA (28 días) PARA A/C=0.70								
relación a/c	Diseño	ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
0.7	C.P.	15.40	15.60	50.90	45.90	2460	30.129	30.712
		15.00	15.70	50.20	45.20	2560	31.296	
	C.P. + aditivo 0.72%	15.50	15.80	50.40	45.40	3010	35.316	36.186
		15.40	15.70	50.20	45.20	3112	37.056	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.60	15.70	51.00	46.00	3680	44.023	43.052
		15.40	15.80	50.70	45.70	3540	42.081	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.20	15.50	50.90	45.90	4160	52.288	50.246
		15.20	15.90	50.40	45.40	4080	48.203	

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLEXION EN VIGA SIMPLEMENTE APOYADA (28 días) PARA A/C=0.80								
relación a/c	Diseño	ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)	luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
0.8	C.P.	15.60	15.60	49.90	44.90	2110	24.955	25.899
		15.20	15.70	50.10	45.10	2230	26.843	
	C.P. + aditivo 0.72%	15.60	15.60	50.20	45.20	2910	34.646	35.278
		15.20	15.70	50.30	45.30	2970	35.910	
	C.P. + aditivo 1.00%	15.70	15.60	50.90	45.90	3280	39.404	39.308
		15.40	15.90	50.90	45.90	3326	39.212	
	C.P. + aditivo 1.18%	15.40	15.70	50.30	45.30	3520	42.007	41.050
		15.60	15.90	50.70	45.70	3460	40.093	

ANEXO IV: ANÁLISIS DE COSTOS

IV. I. Costos para el diseño de relación a/c=0.5

A/C=0.50						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO S/.	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
Patrón	cemento	446.000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	222.435	m3	0.222	1.50	0.33
	arena	776.487	m3	0.321	40.00	12.83
	pedra	859.865	m3	0.315	50.00	15.75
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 270.28
C. Patrón + 0.72% aditivo	cemento	446.000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	200.398	m3	0.200	1.50	0.30
	arena	807.108	m3	0.334	40.00	13.34
	pedra	913.958	m3	0.335	50.00	16.74
	aditivo	3.211	gal	0.772	36.00	27.80
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 299.55
C. Patrón + 1.00% aditivo	cemento	446.000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	173.228	m3	0.173	1.50	0.26
	arena	839.936	m3	0.347	40.00	13.88
	pedra	951.133	m3	0.348	50.00	17.42
	aditivo	4.460	gal	1.073	36.00	38.61
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 311.54
C. Patrón + 1.18% aditivo	cemento	446.000	bls	10.494	23.00	241.36
	agua	165.452	m3	0.165	1.50	0.25
	arena	848.820	m3	0.351	40.00	14.03
	pedra	961.193	m3	0.352	50.00	17.60
	aditivo	5.263	gal	1.266	36.00	45.57
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 318.81

“Estudio del concreto de mediana a baja resistencia con cemento portland tipo I utilizando un aditivo superplastificante reductor de agua”

IV. II. Costos para el diseño de relación a/c=0.6

A/C=0.60						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
Patrón	cemento	356.667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	213.401	m3	0.213	1.50	0.32
	arena	823.246	m3	0.340	40.00	13.61
	piedra	911.644	m3	0.334	50.00	16.70
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 223.64
C. Patrón + 0.72% aditivo	cemento	356.667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	183.848	m3	0.184	1.50	0.28
	arena	864.473	m3	0.357	40.00	14.29
	piedra	978.918	m3	0.359	50.00	17.93
	aditivo	2.568	gal	0.618	36.00	22.23
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 247.75
C. Patrón + 1.00% aditivo	cemento	356.667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	165.891	m3	0.166	1.50	0.25
	arena	885.971	m3	0.366	40.00	14.64
	piedra	1003.261	m3	0.367	50.00	18.37
	aditivo	3.567	gal	0.858	36.00	30.88
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 257.17
C. Patrón + 1.18% aditivo	cemento	356.667	bls	8.392	23.00	193.02
	agua	149.882	m3	0.150	1.50	0.22
	arena	905.420	m3	0.374	40.00	14.97
	piedra	1025.285	m3	0.376	50.00	18.78
	aditivo	4.209	gal	1.012	36.00	36.44
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 263.43

IV. III. Costos para el diseño de relación a/c=0.7

A/C=0.70						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
Patrón	cemento	292.857	bls	6.891	23.00	158.49
	agua	204.374	m3	0.204	1.50	0.31
	arena	859.863	m3	0.355	40.00	14.21
	piedra	952.193	m3	0.349	50.00	17.44
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 190.45
C. Patrón + 0.72% aditivo	cemento	292.857	bls	6.891	23.00	158.49
	agua	174.795	m3	0.175	1.50	0.26
	arena	901.957	m3	0.373	40.00	14.91
	piedra	1021.364	m3	0.374	50.00	18.71
	aditivo	2.109	gal	0.507	36.00	18.26
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 210.62
C. Patrón + 1.00% aditivo	cemento	292.857	bls	6.891	23.00	158.49
	agua	171.380	m3	0.171	1.50	0.26
	arena	905.323	m3	0.374	40.00	14.96
	piedra	1025.176	m3	0.376	50.00	18.78
	aditivo	2.929	gal	0.704	36.00	25.36
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 217.84
C. Patrón + 1.18% aditivo	cemento	292.857	bls	6.891	23.00	158.49
	agua	148.591	m3	0.149	1.50	0.22
	arena	933.454	m3	0.386	40.00	15.43
	piedra	1057.031	m3	0.387	50.00	19.36
	aditivo	3.456	gal	0.831	36.00	29.92
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 223.42

IV. IV. Costos para el diseño de relación a/c=0.8

A/C=0.80						
DISEÑO	CANTIDAD PARA 1m3		EQUIVALENTE		COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL (soles)
	MATERIAL	D.O. (kg)	UND	CANTIDAD		
Patrón	cemento	250.000	bls	5.882	23.00	135.29
	agua	199.357	m3	0.199	1.50	0.30
	arena	883.149	m3	0.365	40.00	14.60
	piedra	977.980	m3	0.358	50.00	17.91
	costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 168.10
C. Patrón + 0.72% aditivo	cemento	250.000	bls	5.882	23.00	135.29
	agua	183.946	m3	0.184	1.50	0.28
	arena	907.928	m3	0.375	40.00	15.01
	piedra	1028.125	m3	0.377	50.00	18.83
	aditivo	1.800	gal	0.433	36.00	15.58
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 184.99
C. Patrón + 1.00% aditivo	cemento	250.000	bls	5.882	23.00	135.29
	agua	171.328	m3	0.171	1.50	0.26
	arena	923.036	m3	0.381	40.00	15.26
	piedra	1045.233	m3	0.383	50.00	19.14
	aditivo	2.500	gal	0.601	36.00	21.65
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 191.60
C. Patrón + 1.18% aditivo	cemento	250.000	bls	5.882	23.00	135.29
	agua	159.201	m3	0.159	1.50	0.24
	arena	937.811	m3	0.388	40.00	15.50
	piedra	1061.964	m3	0.389	50.00	19.45
	aditivo	2.950	gal	0.709	36.00	25.54
costo total para 1 m3 de concreto (soles)						S/ 196.02

ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO MasterEase 3900



We create chemistry

MasterEase[®] 3900

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

CAMPO DE APLICACIÓN

MasterEase 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.

MasterEase 3900 cumple con las especificaciones de la clasificación tipo F según la ASTM C494.

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

MODO DE UTILIZACIÓN

MasterEase 3900 se añade al concreto durante su amasado, con la última parte del agua de mezcla. Debe mezclarse un tiempo suficiente para garantizar la completa homogeneización del aditivo en toda la masa.

MasterEase 3900 es compatible con los plastificantes y retardantes de la gama MasterPozzolith, MasterPolyheed y MasterSet de BASF.

MasterEase 3900 puede ser añadido directamente al camión mezclador, para restablecer concretos que hayan perdido consistencia. En este caso, se debe asegurar la plena compatibilidad entre aditivos antes de la aplicación.

No es recomendable añadir el aditivo antes del agua de amasado, sobre el cemento y los agregados.

DATOS TECNICOS

Aspecto	Líquido Marrón
Densidad @+20°C	1.10
pH @ +20°C	Min 5



We create chemistry

MasterEase® 3900

DOSIFICACIÓN

El rango de dosificación recomendado para MasterEase 3900 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 insitu.

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

FORMA DE ENTREGA/ PRESENTACION

MasterEase 3900 se presenta a granel, en tambores de 208 litros (55 gal) y en tanques de 1000 litros.

ALMACENAMIENTO

MasterEase 3900 tiene una vida útil de 12 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

PRECAUCIÓN

Si el MasterEase 3900 se congela, llévese a una temperatura de +20 °C o más, y agítese hasta que esté completamente reconstituido. No use aire comprimido para agitarlo.

NOTA: Los datos sobre consumo y dosificación que figuran en esta ficha técnica, se basan en nuestra propia experiencia, por lo que estos son susceptibles de variaciones debido a las diferentes condiciones de las obras. Los consumos y dosificaciones reales, deberán determinarse en la obra mediante ensayos previos y son responsabilidad del cliente.

SEGURIDAD

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto.

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante de BASF Construction Chemicals.

ANEXO VI: 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 (tabla N°5)



Figura N°04: Ensayos de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (tabla N°7)



Figura N°05: Obtención del asentamiento mediante el cono de Abrams de cada muestra preparada (capítulo 5.1.1)



Figura N°06: Ensayo de peso unitario de todas las muestras de concreto (capítulo 5.1.2)



Figura N°07: Ensayo de fluidez en la mesa de sacudidas para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.3)



Figura N°08: Ensayo de contenido de aire mediante la olla de Washington para cada diseño de concreto (capítulo 5.1.4)



Figura N°09: Ensayo Exudación para cada diseño de concreto (capitulo 5.1.5)



Figura N°10: Ensayo de tiempo de fragua mediante las agujas de Vicat para cada diseño de concreto (capitulo 5.1.6)



Figura N°11: Ensayos de resistencia a la compresión axial para cada diseño de concreto
(capítulo 5.2.1.)



Figura N°12: Ensayos de resistencia a la tracción diametral para cada diseño de concreto
(capítulo 5.2.2)



Figura N°13: Ensayo de M.E. mediante la máquina universal para cada diseño de concreto (capitulo 5.2.4)



Figura N°14: Ensayo de resistencia a la flexión de vigas a los 28 días para cada diseño de concreto (capitulo 5.2.4)