

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



**TESIS**

**“ESTUDIO DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA  
RESISTENCIA CON MICROSÍLICE NACIONAL Y ADITIVO  
PLASTIFICANTE, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I”**

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

**ELABORADO POR**

**FERNANDO MANUEL VÁSQUEZ RUBIO**

**ASESOR**

**Ing. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELÚ**

**Lima - Perú**

**2020**

© 2019, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

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

Vásquez Rubio, Fernando Manuel

[fernando.vasquez.r@uni.pe](mailto:fernando.vasquez.r@uni.pe)

967887019– 4885190

## **DEDICATORIA**

A mis padres Fernando  
Vásquez Montes y Milagros  
de Jesús Rubio Ocampo

A mi hermano Marcial  
Enrique Vásquez Rubio, a  
mis abuelitos y tíos que  
estuvieron pendientes de mis  
éxitos.

A mi amigo Yasuhiro  
Belquink Bravo Jara por  
apoyarme en todo este  
proceso de Tesis y a mi  
esposa Rosario del Pilar  
Torres García por estar a mi  
lado incondicionalmente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por educarme y forjar la persona que soy, agradezco a mi hermano por ser como es, porque en él veo la virtud de la nobleza y la sinceridad. Agradezco a mis abuelos por enseñarme que un camino recto es un camino honesto sin culpas y sin remordimientos. Agradezco a mis tíos y primos por estar allí acompañándome en la vida.

Agradezco a mi compañero Yasuhiro Bravo por apoyarme en todo este proceso de Tesis, por trabajar conmigo hombro a hombro para lograr nuestros éxitos. Agradezco a Percy Chavez, José Pérez y Elvis Saenz por su guía durante la realización de la presente tesis. Agradezco a mi esposa Rosario del Pilar Torres por estar conmigo en los momentos más difíciles, por ser ese empuje en mi vida para lograr mis objetivos.

Agradezco al Ing. Carlos Armando Barzola Gastelú por ser un fomentador de la investigación y ser una persona ilustre que comparte su experiencia para el desarrollo del país.

Agradezco a la empresa Mineral Mundi Corp. por su colaboración en la investigación de la presente tesis.

Agradezco a la institución y al personal del Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI y el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la UNI por el apoyo brindado para los estudios experimentales de la presente tesis.

Agradezco a mis hermanos de la UNI por su apoyo brindado.

Agradezco a todas las personas que influenciaron en mi vida positivamente.

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
1.1    GENERALIDADES	17
1.2    PROBLEMÁTICA	18
1.3    DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	18
1.3.1  Objetivo principal	18
1.3.2  Objetivo específico	18
1.4    HIPÓTESIS	19
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>20</b>
2.1    AGREGADO GRUESO	20
2.2    AGREGADO FINO	22
2.3    CEMENTO	22
2.4    MICROSÍLICE	23
2.5    ADITIVO PLASTIFICANTE	24
2.6    AGUA	26
<b>CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES QUE                   CONFORMA EL CONCRETO</b>	<b>27</b>
3.1    AGREGADO	27
3.1.1  Agregado grueso	27
3.1.1.1  Propiedades físicas del agregado	27
3.1.2  Agregado fino	31

3.1.2.1	<i>Propiedades físicas del agregado</i>	31
3.1.3	Agregado global	36
3.2	CEMENTO	39
3.3	MICROMINERAL SIO 400	40
3.3.1	Densidad	40
3.3.2	Forma de la partícula	40
3.3.3	Tamaño de partícula	42
3.3.4	Análisis químico	43
3.4	ADITIVO PLASTIFICANTE	44
3.5	AGUA	46
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL CONCRETO</b>		<b>47</b>
4.1	GENERALIDADES	47
4.2	DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN – CP	47
4.2.1	Ensayo de máxima compacidad	47
4.2.2	Método de diseño del ACI	49
4.3	DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO – CPA	57
4.4	DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO MÁS MICROMINERAL SIO 400 (CAM5 – CAM 10)	63
<b>CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS</b>		<b>67</b>
5.1	ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS	67
5.1.1	Propiedades del concreto en estado fresco	67
5.1.1.1	<i>Consistencia</i>	67
5.1.1.2	<i>Peso unitario del concreto</i>	69
5.1.1.3	<i>Fluidez</i>	70
5.1.1.4	<i>Contenido de aire</i>	72
5.1.1.5	<i>Exudación</i>	73
5.1.1.6	<i>Tiempo de fragua</i>	75
5.1.2	Propiedades del concreto en estado endurecido	77
5.1.2.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	77
5.1.2.2	<i>Resistencia a la tracción</i>	83
5.1.2.3	<i>Módulo elástico estático</i>	85
5.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	88
5.2.1	Generalidades	88
5.2.2	Agregados	88

5.2.3	Micromineral SIO 400	88
5.2.4	Propiedades del concreto en estado fresco	89
5.2.4.1	<i>Consistencia</i>	89
5.2.4.2	<i>Peso unitario</i>	89
5.2.4.3	<i>Fluidez</i>	89
5.2.4.4	<i>Contenido de aire</i>	90
5.2.4.5	<i>Exudación</i>	91
5.2.4.6	<i>Tiempo de fragua</i>	91
5.2.5	Propiedades del concreto en estado endurecido	92
5.2.5.1	<i>Resistencia a la compresión</i>	92
5.2.5.2	<i>Resistencia a la tracción</i>	93
5.2.5.3	<i>Módulo elástico estático</i>	93
5.3	ANÁLISIS DE COSTOS	94
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>113</b>

## RESUMEN

La presente tesis investigó el Micromineral SIO 400 (producto nacional) como alternativa de la microsílíce (producto extranjero), el cual presenta un alto costo, encareciendo el diseño del concreto.

La investigación consistió en estudiar el comportamiento del concreto de mediana a alta resistencia utilizando el Micromineral SIO 400 con el aditivo plastificante Chemaplast y el cemento portland tipo I para las relaciones agua/cemento iguales a 0.55, 0.50 y 0.45. Se realizó el análisis químico del Micromineral SIO 400 para hallar su porcentaje de  $\text{SiO}_2$ , además se halló su densidad, finura y la forma y tipo de la partícula. Se utilizó agregado grueso de la cantera Carapongo (Huachipa) y agregado fino de la cantera Trapiche (Lima). El diseño de mezcla se basó en el método del agregado global para obtener una combinación de agregados óptima y resistencias a la compresión altas.

Se desarrollaron muestras de Concreto Patrón para las relaciones agua/cemento iguales a 0.55, 0.50 y 0.45 con un asentamiento de 4", luego se diseñó el Concreto Patrón con Aditivo buscando la cantidad de aditivo y el porcentaje de reducción de agua adecuado para obtener un asentamiento de 4". El objetivo es saber cómo el Micromineral SIO 400 actúa en el concreto, comparando sus propiedades en cada una de las mezclas diseñadas. El Concreto Patrón con Aditivo se diseñó con 0.35% de aditivo plastificante Chemaplast del peso del cemento y el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 se diseñó con aditivo plastificante (0.35% del peso de cemento) y Micromineral SIO 400 en 5% y 10% del peso del cemento para las relaciones agua/cemento iguales a 0.55, 0.50 y 0.45. Se hallaron las propiedades de los 12 diseños en estado fresco y endurecido, luego se analizó los resultados obteniendo que el máximo aumento porcentual de resistencia a la compresión fue en probetas ensayadas a los 56 días utilizando Micromineral SIO 400 al 5% y aditivo plastificante Chemaplast con una relación agua/cemento igual a 0.55 alcanzando un 147% respecto a las probetas del Concreto Patrón ensayadas a los 28 días. Finalmente se realizó un análisis de Beneficio/Costo incluyendo los insumos utilizados en el diseño de mezclas, obteniendo como resultado que el porcentaje más favorable para el Micromineral SIO 400 es cuando se adiciona 5% del peso del cemento, concluyendo así que el Micromineral SIO 400 es una buena alternativa por sus resultados favorables y menor costo.



## ABSTRACT

This thesis investigated the Micromineral SIO 400 (national product) as an alternative to microsilica (foreign product), which has a high cost, making the design of concrete more expensive.

The research consisted of studying the behavior of medium to high strength concrete using the Micromineral SIO 400 with the plasticizing additive Chemaplast and Portland cement type I for water / cement ratios equal to 0.55, 0.50 and 0.45. The chemical analysis of the Micromineral SIO 400 was performed to find its percentage of SiO<sub>2</sub>, in addition its density, fineness and the shape and type of the particle were found. Thick aggregate from the Carapongo quarry (Huachipa) and fine aggregate from the Trapiche quarry (Lima) were used. The mix design was based on the aggregate aggregate method to obtain a combination of optimal aggregates and high compressive strengths.

Samples of Standard Concrete were developed for the water / cement ratios equal to 0.55, 0.50 and 0.45 with a 4 "settlement, then the Standard Concrete with Additive was designed looking for the amount of additive and the percentage of adequate water reduction to obtain a 4 "settlement. The objective is to know how the Micromineral SIO 400 acts on concrete, comparing its properties in each of the designed mixtures. The Standard Concrete with Additive was designed with 0.35% of Chemaplast plasticizer additive of cement weight and Standard Concrete with Additive plus Micromineral SIO 400 was designed with plasticizer additive (0.35% of cement weight) and Micromineral SIO 400 in 5% and 10 % of cement weight for water / cement ratios equal to 0.55, 0.50 and 0.45. The properties of the 12 designs were found in a fresh and hardened state, then the results were analyzed, obtaining that the maximum percentage increase in compressive strength was in test specimens tested at 56 days using 5% Micromineral SIO 400 and Chemaplast plasticizing additive with a water / cement ratio equal to 0.55 reaching 147% with respect to the specimens of the Standard Concrete tested at 28 days. Finally, a Benefit / Cost analysis was carried out including the inputs used in the design of mixtures, obtaining as a result that the most favorable percentage for the Micromineral SIO 400 is when 5% of the cement weight is added, concluding that the Micromineral SIO 400 It is a good alternative for its favorable results and lower cost.

## PRÓLOGO

En el país el uso de aditivos de forma masificada para el concreto no se desarrolla hoy en día, su uso solo está limitado para proyectos de gran envergadura, porque el costo de estos no contribuye para que se fomenten.

Por lo tanto se ha querido investigar un producto nacional como alternativa a la microsílíce, la cual es un producto extranjero de mayor costo.

Para finalizar la presente tesis está dirigida a ingenieros, constructores y público en general que quieran actualizar su abanico de posibilidades y optar por un producto nacional.

Ing. Carlos A. Barzola Gastelú  
Asesor

## LISTA DE CUADROS

		<b>Pág.</b>
Cuadro N° 2.1	Límites granulométricos para el agregado grueso	21
Cuadro N° 2.2	Gradación para el agregado fino	22
Cuadro N° 2.3	Porcentajes de elementos químicos en la microsílíce Sika Fume	24
Cuadro N° 2.4	Requerimientos físicos para los aditivos floculantes	25
Cuadro N° 2.5	Requerimientos químicos para el agua	26
Cuadro N° 3.1	Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	28
Cuadro N° 3.2	Cálculo del peso específico del agregado grueso	29
Cuadro N° 3.3	Granulometría del agregado grueso	30
Cuadro N° 3.4	Cuadro resumen de las propiedades del agregado grueso	31
Cuadro N° 3.5	Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino	32
Cuadro N° 3.6	Cálculo del peso específico del agregado fino	33
Cuadro N° 3.7	Granulometría del agregado fino	34
Cuadro N° 3.8	Cuadro resumen de las propiedades del agregado fino	36
Cuadro N° 3.9	Granulometría del agregado global	37
Cuadro N° 3.10	Resumen de las propiedades de los agregados	38
Cuadro N° 3.11	Características físicas del Cemento Portland Tipo I – Sol	39
Cuadro N° 3.12	Datos del peso específico para la muestra de Micromineral SIO 400	40
Cuadro N° 3.13	Resultados del histograma de tamaño de partícula para la muestra de Micromineral SIO 400	42
Cuadro N° 3.14	Compuestos químicos del Micromineral SIO 400	43

Cuadro N° 3.15	Resumen de características del Micromineral SIO 400	44
Cuadro N° 3.16	Características del aditivo plastificante Chemaplast	44
Cuadro N° 4.1	Resultados del peso unitario compactado de la combinación de los agregados	48
Cuadro N° 4.2	Porcentajes de arena y piedra para el método de compacidad y resistencia	49
Cuadro N° 4.3	Valores de litros de agua y slump para la relación $a/c=0.55$	49
Cuadro N° 4.4	Valores de litros de agua y slump para la relación $a/c=0.50$	50
Cuadro N° 4.5	Valores de litros de agua y slump para la relación $a/c=0.45$	51
Cuadro N° 4.6	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado	52
Cuadro N° 4.7	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón (CP) con relación $a/c=0.55$ para $1\text{m}^3$ de concreto	56
Cuadro N° 4.8	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón (CP) con relación $a/c=0.50$ para $1\text{m}^3$ de concreto	56
Cuadro N° 4.9	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón (CP) con relación $a/c=0.45$ para $1\text{m}^3$ de concreto	57
Cuadro N° 4.10	Valores slump obtenido de los porcentajes de aditivo de un concreto con una relación $a/c=0.70$ y una reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño	58
Cuadro N° 4.11	Valores de reducción de agua y slump para la relación $a/c=0.55$	59
Cuadro N° 4.12	Valores de reducción de agua y slump para la relación $a/c=0.50$	60
Cuadro N° 4.13	Valores de reducción de agua y slump para la relación $a/c=0.45$	61

Cuadro N° 4.14	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación $a/c=0.55$ para $1\text{m}^3$ de concreto	62
Cuadro N° 4.15	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación $a/c=0.50$ para $1\text{m}^3$ de concreto	62
Cuadro N° 4.16	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación $a/c=0.45$ para $1\text{m}^3$ de concreto	63
Cuadro N° 4.17	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación $a/c=0.55$ para $1\text{m}^3$ de concreto	64
Cuadro N° 4.18	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación $a/c=0.50$ para $1\text{m}^3$ de concreto	64
Cuadro N° 4.19	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación $a/c=0.45$ para $1\text{m}^3$ de concreto	65
Cuadro N° 4.20	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación $a/c=0.55$ para $1\text{m}^3$ de concreto	65
Cuadro N° 4.21	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación $a/c=0.50$ para $1\text{m}^3$ de concreto	66
Cuadro N° 4.22	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación $a/c=0.45$ para $1\text{m}^3$ de concreto	66
Cuadro N° 5.1	Valores del ensayo de asentamiento	68
Cuadro N° 5.2	Valores del ensayo de peso unitario	69
Cuadro N° 5.3	Valores del ensayo de fluidez	71
Cuadro N° 5.4	Valores del ensayo de contenido de aire	72
Cuadro N° 5.5	Valores del ensayo de exudación	74

Cuadro N° 5.6	Valores del ensayo de tiempo de fragua	75
Cuadro N° 5.7	Cantidad de probetas del ensayo de resistencia a la compresión	78
Cuadro N° 5.8	Valores del ensayo de resistencia a la compresión	79
Cuadro N° 5.9	Valores en porcentaje del ensayo de resistencia a la compresión respecto al Concreto Patrón (CP) a los 28 días de curado	79
Cuadro N° 5.10	Cantidad de probetas del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral	84
Cuadro N° 5.11	Valores del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral	84
Cuadro N° 5.12	Cantidad de probetas del ensayo de módulo elástico estático	86
Cuadro N° 5.13	Valores del ensayo de módulo elástico estático	87
Cuadro N° 5.14	Costo del Concreto Patrón (CP) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55	95
Cuadro N° 5.15	Costo del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55	95
Cuadro N° 5.16	Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55	96
Cuadro N° 5.17	Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55	96
Cuadro N° 5.18	Costo del Concreto Patrón (CP) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50	97
Cuadro N° 5.19	Costo del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50	97

Cuadro N° 5.20	Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50	98
Cuadro N° 5.21	Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50	98
Cuadro N° 5.22	Costo del Concreto Patrón (CP) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45	99
Cuadro N° 5.23	Costo del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45	99
Cuadro N° 5.24	Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45	100
Cuadro N° 5.25	Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45	100
Cuadro N° 5.26	Valores de resistencia a la compresión a 1 día de curado y costo de 1 m <sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla	101
Cuadro N° 5.27	Valores de resistencia a la compresión a los 7 días de curado y costo de 1 m <sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla	101
Cuadro N° 5.28	Valores de resistencia a la compresión a los 28 días de curado y costo de 1 m <sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla	102
Cuadro N° 5.29	Valores de resistencia a la compresión a los 56 días de curado y costo de 1 m <sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla	102

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico N° 3.1 Curva granulométrica del agregado grueso	30
Gráfico N° 3.2 Curva granulométrica del agregado fino	35
Gráfico N° 3.3 Curva granulométrica del agregado global	38
Gráfico N° 3.4 Difractograma de rayos X para la muestra de Micromineral SIO 400	41
Gráfico N° 3.5 Histograma de tamaño de partícula para la muestra de Micromineral SIO 400	42
Gráfico N° 3.6 Composición química en forma de óxidos para la muestra de Micromineral SIO 400	43
Gráfico N° 4.1 Peso unitario compactado del agregado global	48
Gráfico N° 4.2 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.55$	50
Gráfico N° 4.3 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.50$	51
Gráfico N° 4.4 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.45$	52
Gráfico N° 4.5 Resistencia a la compresión del diseño con relación $a/c=0.55$	53
Gráfico N° 4.6 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación $a/c=0.55$	53
Gráfico N° 4.7 Resistencia a la compresión del diseño con relación $a/c=0.50$	54
Gráfico N° 4.8 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación $a/c=0.50$	54



Gráfico N° 4.9	Resistencia a la compresión del diseño con relación $a/c=0.45$	55
Gráfico N° 4.10	Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación $a/c=0.45$	55
Gráfico N° 4.11	Cálculo del porcentaje de aditivo para el concreto con relación $a/c=0.70$ y reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño	58
Gráfico N° 4.12	Cálculo de la reducción de agua para la relación $a/c=0.55$	59
Gráfico N° 4.13	Cálculo de la reducción de agua para la relación $a/c=0.50$	60
Gráfico N° 4.14	Cálculo de la reducción de agua para la relación $a/c=0.45$	61
Gráfico N° 5.1	Ensayo de asentamiento para las mezclas de concreto	68
Gráfico N° 5.2	Ensayo de peso unitario para las mezclas de concreto	70
Gráfico N° 5.3	Ensayo de fluidez para las mezclas de concreto	71
Gráfico N° 5.4	Ensayo de contenido de aire para las mezclas de concreto	73
Gráfico N° 5.5	Ensayo de exudación para las mezclas de concreto	74
Gráfico N° 5.6	Ensayo de tiempo de fragua para las mezclas de concreto con relación $a/c=0.55$	76
Gráfico N° 5.7	Ensayo de tiempo de fragua para las mezclas de concreto con relación $a/c=0.50$	76
Gráfico N° 5.8	Ensayo de tiempo de fragua para las mezclas de concreto con relación $a/c=0.45$	77
Gráfico N° 5.9	Ensayo de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con relación $a/c=0.55$	80
Gráfico N° 5.10	Ensayo de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con relación $a/c=0.50$	80

Gráfico N° 5.11	Ensayo de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con relación $a/c=0.45$	81
Gráfico N° 5.12	Ensayo de resistencia a la compresión para las mezclas de concreto	82
Gráfico N° 5.13	Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral para las mezclas de concreto	85
Gráfico N° 5.14	Ensayo de módulo elástico estático para las mezclas de concreto	87
Gráfico N° 5.15	Resistencia a la compresión y costo de $1\text{m}^3$ de concreto para los distintos diseños de mezcla	103
Gráfico N° 5.16	Beneficio/Costo para los diseños de mezcla	104

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura N° 3.1 Microfotografía SEM (Scanning Electron Microscope) para la muestra de Micromineral SIO 400	41

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

Abs:	Absorción
a/c:	Agua/cemento
ACI:	American Concrete Institute
ASTM:	American Society for Testing and Materials
A/P:	Arena/piedra
CETOX:	Centro Toxicológico
CP:	Concreto Patrón
CPA:	Concreto Patrón con Aditivo
CAM5:	Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5%
CAM10:	Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10%
EDS:	Energy Dispersion Spectrometry
M.P.U.C.:	Máximo Peso Unitario Compactado
M.E.E.:	Módulo Elástico Estático
M1, M2, M3:	Muestra N°1, Muestra N°2, Muestra N°3
NTP:	Norma Técnica Peruana
PE:	Peso Específico
PESSS:	Peso Específico Saturado Superficialmente Seco
PUC:	Peso Unitario Compactado
PUS:	Peso Unitario Suelto
S.S.S.:	Saturado Superficialmente Seco
SEM:	Scanning Electron Microscope
T.F.F.:	Tiempo de Fragua Final
T.F.I.:	Tiempo de Fragua Inicial
TMN:	Tamaño Máximo Nominal

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

La tecnología del concreto siempre ha buscado un incremento en la resistencia y durabilidad del concreto. Esta evolución ha sido permanente, dando consigo etapas de investigación. La primera etapa se ocupó de investigar al concreto puro, buscando relaciones entre la dosificación y la resistencia que se obtenían, llegando a la conclusión, a partir de investigaciones que se desarrollaron en laboratorios de EEUU y Alemania en los años 80, que se ganaba resistencia al reducir la relación agua/cemento ( $a/c$ ) a valores del orden de 0.28-0.40. Estos estudios dieron consigo a la problemática de cómo obtener altas resistencias sin la necesidad de usar mucha agua, la cual hacía posible la trabajabilidad del concreto; por lo tanto, la segunda etapa apuntó al uso de aditivos que aporten mayor fluidez al concreto y que actúen como reductores de vacíos. Con este avance tecnológico el concreto obtenía mayores resistencias a la compresión y mayor durabilidad haciendo posible llegar mucho más fácil a lo que llamamos concreto de alta resistencia.

La tercera etapa de investigación es sobre los adicionantes como la microsílíce, adicionante 100 veces más pequeño que el cemento, el cual produce mayores resistencias en el concreto; por ello, la tesis del Ing. Edher Huincho, "Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I"; en el año 2011 obtuvo como resultado una resistencia a la compresión de  $1423 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 90 días utilizando el aditivo superplastificante (3% del peso del cemento) y la microsílíce (10% del peso del cemento). Otro aporte para la obtención de resultados de concreto de alta resistencia es de la Ing. Patricia Vilca, "Obtención del concreto de alta resistencia", que en el año 2008 obtuvo una resistencia de  $1400.5 \text{ kg/cm}^2$  a los 180 días utilizando el aditivo superplastificante y la microsílíce. Otro aporte es la tesis de la Ing. Mary Patricia Morales, "Investigación del concreto alta resistencia: Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de  $550\text{-}1200 \text{ kg/cm}^2$ ", que en el año 2000 obtuvo un valor de  $1081.83 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión a los 90 días utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en el concreto y por último en la tesis del Ing. Marco Antonio Tejada, "Influencia de la microsílíce y el aditivo superplastificante en el concreto de alta resistencia", que en el año 2016 obtuvo una resistencia a la compresión de  $919$

kg/cm<sup>2</sup> a los 90 días utilizando aditivo superplastificante y microsílíce en el concreto.

Hoy en día la microsílíce utilizada en el mercado para la obtención de concreto de alta resistencia proviene de plantas ubicadas en el extranjero en países como EEUU, Noruega y Canadá; por lo tanto, este producto no se obtiene a nivel nacional y se importa a través de empresas reconocidas como Chema, Sika y Z Aditivos. Por todo lo mencionado se busca en el futuro producir un producto sílico de producción nacional, el cual será el propósito de la presente tesis, que es estudiar las propiedades del concreto con el adicionante Micromineral SIO 400, el cual es producido por la empresa mineral Mundi, para la obtención de un concreto de alta resistencia.

## 1.2 PROBLEMÁTICA

Para la construcción de rascacielos, estadios, represas y plantas nucleares es necesario un concreto de alta resistencia y durabilidad; por lo tanto, se opta por el uso de aditivos y adicionantes que actúan en el concreto mejorando así sus propiedades físicas y mecánicas. En el Perú los elevados costos de los aditivos y adicionantes extranjeros provocan que el uso del concreto mejorado en la industria de la construcción no sea masivo; por lo tanto, la investigación de un concreto de alta resistencia con aditivo y adicionante nacional que concluya que el adicionante nacional produzca mejores o iguales resultados que un adicionante extranjero a un menor costo podría provocar la masificación del concreto de alta resistencia en la industria de la construcción.

## 1.3 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo principal

Estudiar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a alta resistencia con aditivo y adicionante nacional.

### 1.3.2 Objetivo específico

- Realizar ensayos de los materiales de la más alta calidad y componentes del concreto.
- Realizar ensayos de probetas del concreto de acuerdo al concreto patrón, concreto más aditivo y concreto más aditivo y adicionante nacional.
- Análisis de resultados y obtención de conclusiones.

#### 1.4 HIPÓTESIS

El estudio del concreto con aditivo y adicionante nacional presente resultados de altas resistencias de compresión y durabilidad.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1 AGREGADO GRUESO**

Es el conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma NTP 400.037 (2018). Los límites granulométricos se observan en el Cuadro N° 2.1.



Cuadro N° 2.1 Límites granulométricos para el agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 1/2 pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2 pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37,5 mm (1 1/2 pulg.)	25,0 mm (1 pulg.)	19,0 mm (3/4 pulg.)	12,5 mm (1/2 pulg.)	9,5 mm (3/8 pulg.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	4,75 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.)	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 mm a 25,0 mm (2 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	---	0 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.)	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg. a No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2018)

## 2.2 AGREGADO FINO

La calidad del concreto depende de las propiedades del agregado fino en especial de la granulometría, la cual no es fácil de modificar; por lo tanto, se busca controlar su homogeneidad. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados, en otras palabras se define como agregado fino al material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz 3/8" (9.50 mm).

El reglamento nacional de construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las normas del ASTM. Los límites granulométricos están en el Cuadro N° 2.2.

Cuadro N° 2.2 Gradación para el agregado fino

Malla	Porcentaje que pasa (%)
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
0.595 mm (N°30)	25 a 60
0.297 mm (N°50)	5 a 30
0.148 mm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2018)

## 2.2 CEMENTO

Es un material pulverizado obtenido artificialmente de una materia prima compuesta por caliza, arcilla y otros minerales, la cual es finamente molida y homogenizada para luego ser llevada a altas temperaturas en hornos rotativos o verticales en donde se forma el clinker. El clinker es un producto intermedio al cual se adiciona yeso (5% en proporción) para formar un producto hidráulico capaz de fraguar y endurecer al contacto con el agua, este producto se denomina cemento.

El cemento portland es el tipo de cemento más utilizado en la construcción, patentado por primera vez en 1824 por Joseph Aspdin, el cual presenta la siguiente distribución de compuestos principales:

- Silicato Tricálcico:  $3\text{CaO SiO}_2$  30% al 50% ( $\text{C}_3\text{S}$ )
- Silicato Dicálcico:  $2\text{CaO SiO}_2$  15% al 30% ( $\text{C}_2\text{S}$ )
- Aluminato Tricálcico:  $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  4% al 12% ( $\text{C}_3\text{A}$ )
- Ferro Aluminato Tetracálcico:  $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$  8% al 13% ( $\text{C}_4\text{AF}$ )

### 2.3 MICROSÍLICE

La microsíllice es un subproducto de desecho que se genera al elaborar ferrosilicio y el silicio metálico en los hornos de arco eléctrico. Este material, cien veces más fino que el cemento, presenta propiedades puzolánicas con una alta finura y no reacciona con el agua. Su forma de obtención es reduciendo el cuarzo a silicio con temperaturas hasta de 2000 °C, donde se producen vapores de SiO, estos al oxidarse y condensarse forma un material con un contenido mínimo de 90% de SiO<sub>2</sub> y un porcentaje mínimo de carbón, este material presenta pequeñas esferas con diámetro de 0.1 – 0.2 μm y superficie específica mínima de 15000 m<sup>2</sup>/kg con un peso específico promedio de 2.2 g/cm<sup>3</sup>, en algunos casos puede llegar a 2.5 g/cm<sup>3</sup> (Gomero, 2006, pp. 184-190) Por la forma como se consiguen también se suele denominar a la microsíllice “humo de sílice”, el cual al añadirse al concreto reacciona con la cal libre y da origen a un incremento de la red cristalina, silicatos, además se debe mencionar que las partículas de microsíllice que no reaccionan pasan a sellar los poros existentes debido a su pequeño tamaño. El objetivo de todo este proceso es la obtención de un concreto con mayor resistencia a la compresión, impermeable, bajo contenido de poros por sello y por mayor red cristalina (Microsíllice o humo de sílice, Equipo de colaboradores y profesionales de la Revista ARQHYS, vía: <https://www.arqhys.com/construccion/microlilice.html>, obtenido el 12 del 2018).

En el Cuadro N°2.3 están los elementos químicos de la microsílíce Sika Fume

Cuadro N° 2.3 Porcentajes de elementos químicos en la microsílíce Sika Fume

Elementos químicos	Porcentajes
SiO <sub>2</sub>	93.0 % min.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80 % máx.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40 % máx.
CaO	0.60 % máx.
MgO	0.60 % máx.
Na <sub>2</sub> O	0.20 % máx.
K <sub>2</sub> O	1.2 % max.
C (libre)	2.0 % max.
SO <sub>3</sub>	0.40 % max.
L.O.I.7	3.5 % máx.

Fuente: Ficha técnica de la adición mineral Sika Fume de la empresa Sika

## 2.4 ADITIVO PLASTIFICANTE

El aditivo plastificante o también llamado floculante es un producto que se caracteriza en proporcionar mayor asentamiento al concreto (mayor a 7.5") manteniendo su naturaleza cohesiva, una baja exudación, baja segregación y no produce un retardo en la fragua normal. Estas propiedades se deben, porque el aditivo es absorbido por las partículas de cemento hidratado causando una repulsión entre ellas.

El aditivo plastificante debe cumplir con la norma ASTM C 1017 (1998), tipo I (plastificante) y tipo II (plastificante y retardador) como se indica en el Cuadro N° 2.4.

Cuadro N° 2.4 Requerimientos físicos para los aditivos floculantes

Características físicas	Tipo I plastificante	Tipo II plastificante y retardante
Tiempo de colocación, considerable desviación de referencia, h inicial: al menos no más de  Final: al menos no más de	... 1 antes ni 1 ½ después  ... 1:00 antes ni 1 ½ después	1:00 después 3 ½ después  ... 3 ½ después
Incremento en el asentamiento, min	90 mm (3.5")	90 mm (3.5")
Resistencia a la compresión, máximo porcentaje de referencia - 3 días - 7 días - 28 días - 6 meses - 1 año	90 90 90 90 90	90 90 90 90 90
Resistencia flexión , mínimo porcentaje de referencia - 3 días - 7 días - 28 días	90 90 90	90 90 90
Longitud de cambio después de 14 días de secado, máximo contracción (requerimientos alternativos): - Porcentaje de referencia - Incremento sobre la referencia en pulgadas.	135  0.010	135  0.010
Factor de durabilidad relativa mínimo	80	80

Fuente: ASTM C 1017-98 "Standard Specification for Chemical Admixtures for use Producing Flowing Concrete", Tabla 1, pág 1)

## 2.5 AGUA

El agua sirve para la hidratación del cemento cumpliendo con tres funciones principales en el concreto:

- Reaccionar con el cemento (hidratación)
- Contribuir en la trabajabilidad del concreto
- Crea la cantidad de vacíos necesario para el desarrollo de los productos de hidratación en la mezcla

El agua para el concreto debe ser potable o de consumo humano, porque presenta menor cantidad de cloruros (250 ppm máximo de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), sulfatos (500 ppm máximo de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud) y Sólidos en suspensión (50 ppm máximo por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). En caso de no ser potable el agua para la mezcla y curado del concreto, esta se debe analizar y cumplir con la Norma NTP 339.088 (2014) y los límites permisibles del Cuadro N° 2.5.

Cuadro N° 2.5 Requerimientos químicos para el agua

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos	1000 ppm máximo
Sulfatos (ion SO <sub>4</sub> )	600 ppm máximo
Cloruros (ion CL)	1000 ppm máximo
PH	Entre 5 Y 8.0

Fuente: NTP 339.088 (2014)

## CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES QUE CONFORMA EL CONCRETO

### 3.1 AGREGADO

#### 3.1.1 Agregado grueso

El agregado grueso empleado proviene de la cantera Carapongo (Huachipa).

##### 3.1.1.1 Propiedades físicas del agregado

Conocer las propiedades del agregado grueso es muy importante para poder saber la calidad de este cuando se haga la mezcla de concreto.

Las propiedades físicas del agregado grueso se obtuvo de tres muestras (M-1, M-2 y M-3), tomándose como muestras representativas el promedio de las tres. La metodología utilizada para determinar las propiedades físicas de los agregados es de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas y las Normas ASTM.

- **Peso unitario**

Esta propiedad representa el peso que alcanza un determinado volumen unitario. El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría y tamaño máximo, además depende de factores externos como la consolidación impuesta, la forma de colocación, etc. De acuerdo al tipo de consolidación hay dos tipos de pesos unitarios: Suelto y compactado. Antes de determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso se debe hallar el volumen del recipiente, el cual se llena de agua a temperatura ambiente cubriéndolo con una placa de vidrio para eliminar burbujas y exceso de agua, luego se pesa y se mide la temperatura del agua (densidad del agua); por último, se calcula el volumen del recipiente dividiendo el peso del agua entre su densidad. Los procedimientos para el ensayo del peso unitario suelto y compactado son los siguientes:

- El ensayo del peso unitario suelto consiste en llenar con agregado grueso el recipiente con una pala a una altura no mayor de 2" hasta que rebose, luego de eliminar los excesos con una regla se pesa el recipiente con el contenido y el recipiente solo, por último se divide el peso del agregado grueso entre el volumen del recipiente.
- El ensayo del peso unitario compactado consiste en llenar el recipiente con el agregado grueso en 3 capas (25 golpes por capa con una varilla

lisa de acero de diámetro 5/8" y largo 60 cm), luego de eliminar los excesos con una regla se pesa el recipiente con el contenido y el recipiente solo, por último se divide el peso del agregado grueso entre el volumen del recipiente.

El peso unitario para el agregado grueso fue determinado según la NTP 400.017 (2011) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 3.1.

Cuadro N° 3.1 Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso del recipiente	5.1				kg
Volumen del recipiente	0.0097				m <sup>3</sup>
Peso del material + tara sin compactar	18.8	18.9	18.7	18.8	kg
Peso del material suelto	13.7				kg
Peso del material + tara compactado	19.7	19.7	19.7	19.7	kg
Peso del material compactado	14.6				kg
Peso unitario suelto (PUS)	1408				kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado (PUC)	1500				kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

- **Peso específico**

Esta propiedad es un indicador de calidad, porque los materiales de un buen comportamiento físico y mecánico presentan valores altos mientras que los de valores bajos son agregados gruesos absorbentes y débiles. Otra consideración es que se usa esta propiedad cuando se necesita un peso límite en el concreto (máximo o mínimo).

El peso específico para el agregado grueso fue determinado según la NTP 400.022 (2013) y los valores obtenidos se muestran en el Cuadro N° 3.2.

- **Absorción**

Esta propiedad se define como la capacidad que tiene el agregado para atrapar el agua en sus poros mediante la capilaridad. Esta propiedad define el aporte de agua al concreto haciendo variar propiedades importantes como resistencia y trabajabilidad. La variación de la absorción de la muestra M3 se debe al cuarteo empleado para su obtención, donde la piedra era más



porosa. La absorción del agregado grueso fue determinada según la NTP 400.022 (2013) y los valores obtenidos se muestran en el Cuadro N° 3.2.

- Contenido de humedad

Esta propiedad representa la cantidad de agua retenida en los poros del agregado, la cual es influenciada por las condiciones ambientales; por lo tanto, para cada diseño de mezcla el contenido de humedad para el agregado grueso fue determinado según la NTP 339.185 (2013). Se muestra cuadros en los anexos (Anexo A, pág. 153).

Cuadro N° 3.2 Cálculo del peso específico del agregado grueso

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso de la muestra S.S.S	5225.2	4730.8	4948.2	X	g
Peso de la canastilla en el agua	810.2	810.2	810.2		g
Peso de la muestra S.S.S. + la canastilla en agua	6035.4	5541.0	5758.4		g
Peso de la muestra S.S.S. en agua	3263.0	2957.6	3092.6		g
Peso de la tara	180.5	180.5	180.5		g
Peso de la tara + muestra seca	5386.5	4895.3	5104.0		g
Peso de la muestra seca	5206.0	4714.8	4923.5		g
Peso Específico (PE)	2.653	2.659	2.653	2.66	-
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (PESSS)	2.663	2.668	2.667	2.67	-
Absorción (Abs)	0.37	0.34	0.50	0.40	%

Fuente: Elaboración propia

- Granulometría del agregado grueso

Esta propiedad define las proporciones de tamizado que presenta el agregado. Tiene influencia en la manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda del agua, la compacidad y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido. Los límites granulométricos del agregado grueso se muestran en el Cuadro N° 2.1. Los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso están representados en el Cuadro N° 3.3 y las curvas granulométricas se encuentra en el Gráfico N° 3.1.

- Módulo de finura del agregado grueso

El módulo de finura se obtiene de la suma de porcentajes retenidos acumulados de cada tamiz a partir de los resultados del ensayo

granulométrico (Cuadro N° 3.3), siendo de 7.56 para el agregado grueso. La fórmula de porcentajes retenidos acumulados es la siguiente:

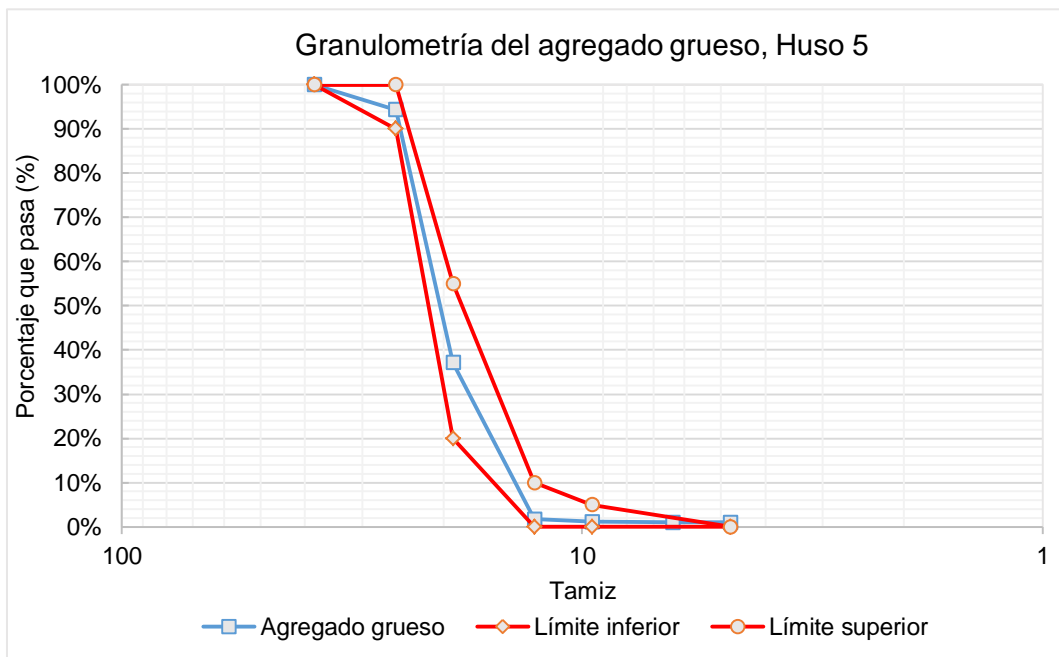
$$MF = \frac{\sum \% (3'' + 1\ 1/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Cuadro N° 3.3 Granulometría del agregado grueso

Malla (pulg.)	Malla (mm)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	Peso retenido promedio (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso que pasa (%)
3"	76.2	-	-	-	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.1	-	-	-	-	-	-	100.00
1"	25.4	578	555.7	622	585.23	5.68	5.68	94.32
3/4"	19.05	5653.5	5783	6243	5893.17	57.16	62.83	37.17
1/2"	12.7	3907.1	3953.8	3092.1	3651.00	35.41	98.24	1.76
3/8"	9.525	53.6	82.6	51.3	62.50	0.61	98.85	1.15
1/4"	6.35	13.7	29.7	2.4	15.27	0.15	99.00	1.00
N° 4	4.76	1.50	7.20	0.70	3.13	0.03	99.03	0.97
Fondo	-	96.86	115.81	87.86	100.18	0.97	100.00	0.00
Total	-	10304.26	10527.81	10099.36	10310.48	Módulo de finura = 7.56		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.1 Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

- Materiales más finos que pasan la malla n°200 (75 µm)

El material que pasa la malla N°200 está constituido por arcilla y limo, el cual al estar presente en el agregado grueso (recubriéndolo) afecta la adherencia del agregado y la pasta. Este material muy fino al presentarse en porcentajes altos en el agregado grueso puede afectar la resistencia a la compresión del concreto, en cambio si este se encuentra en pequeños porcentajes ayudaría a la trabajabilidad de la mezcla. El agregado grueso usado presenta 0.97% de finos que pasa la malla N°200 que se hallaron según la NTP 400.018 (2013) y su valor se muestra en el Cuadro N° 3.4.

Cuadro N° 3.4 Cuadro resumen de las propiedades del agregado grueso

Descripción	Agregado grueso	Unidades
Cantera	Huachipa (Carapongo)	-
Absorción	0.40	%
Peso específico	2.66	-
Peso unitario suelto	1408	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1500	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de finura	7.56	-
Finos que pasan la malla N° 200	0.97	%
Tamaño máximo	1 1/2	Pulgadas
Tamaño máximo nominal	1	Pulgadas

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Agregado fino

El agregado fino empleado proviene de la cantera Trapiche (Lima).

#### 3.1.2.1 Propiedades físicas del agregado

Conocer las propiedades del agregado fino es muy importante para poder saber la calidad de este cuando se haga la mezcla de concreto.

Las propiedades físicas del agregado fino se obtuvo de tres muestras (M-1, M-2 Y M-3), tomándose como muestras representativas el promedio de los tres. La metodología utilizada para determinar las propiedades físicas de los agregados es de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas y las Normas ASTM.

- **Peso unitario**

Esta propiedad representa el peso que alcanza un determinado volumen unitario. El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas, como la forma, granulometría y tamaño máximo, además depende de factores externos como la consolidación impuesta, la forma de colocación, etc. De acuerdo al tipo de consolidación hay dos tipos de pesos unitarios: Suelto y compactado. Para determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado fino y el volumen del recipiente se realizó los mismos procedimientos empleados para hallar el peso unitario del agregado grueso (pág. 27).

El peso unitario para el agregado fino fue determinado según la NTP 400.017 (2011) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 3.5.

Cuadro N° 3.5 Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso del recipiente	4.3				kg
Volumen del recipiente	0.0028				m <sup>3</sup>
Peso del material + tara sin compactar	8.7	8.7	8.7	8.70	kg
Peso del material suelto	4.4				kg
Peso del material + tara compactado	8.9	8.9	9	8.93	kg
Peso del material compactado	4.7				kg
Peso unitario suelto (PUS)	1570				kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado (PUC)	1653				kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

- **Peso específico**

Esta propiedad es un indicador de calidad, porque los materiales que presentan buen comportamiento físico y mecánico siempre tienen valores altos de peso específico, mientras que los que presentan valores bajos son agregados finos absorbentes y débiles. Otra consideración es que se usa esta propiedad cuando se necesita un peso límite en el concreto (máximo o mínimo).

El peso específico para el agregado fino fue determinado según la NTP 400.022 (2013) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 3.6.

- Absorción

Esta propiedad se define como la capacidad que tiene el agregado para atrapar el agua en sus poros mediante la capilaridad. Esta propiedad define el aporte de agua al concreto haciendo variar propiedades importantes como resistencia y trabajabilidad. La absorción del agregado fino fue determinado según la NTP 400.022 (2013) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 3.6.

- Contenido de humedad

Esta propiedad representa la cantidad de agua retenida en los poros del agregado, la cual es influenciada por las condiciones ambientales; por lo tanto, para cada diseño de mezcla el contenido de humedad para el agregado fino fue determinado según la NTP 339.185 (2013). Se muestra cuadros en los anexos (Anexo A, pág. 153).

Cuadro N° 3.6 Cálculo del peso específico del agregado fino

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso de la muestra S.S.S	300	300	300	X	g
Peso del balón seco	656.9	664.8	668.7		g
Peso S.S.S. + balón	956.9	964.8	968.7		g
Peso S.S.S. + balón + agua	845.3	853.6	858.3		g
Peso del agua	111.6	111.2	110.4		g
Peso de la tara	160.5	160.5	160.5		g
Peso de la tara + muestra seca	455.3	456.1	456.8		g
Peso de la muestra seca	294.8	295.6	296.3		g
Volumen de la masa	106.4	106.8	106.7		cm <sup>3</sup>
Peso Específico (PE)	2.642	2.658	2.684		2.66
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (PESSS)	2.688	2.698	2.717	2.70	-
Absorción (Abs)	1.76	1.49	1.25	1.50	%

Fuente: Elaboración propia

- Granulometría del agregado fino

Esta propiedad define las proporciones de tamizado que presenta el agregado. Tiene influencia en la manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda del agua, la compacidad y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido. Los límites granulométricos del agregado fino se muestran en el Cuadro N° 2.2. Los resultados del análisis

granulométrico del agregado fino están representados en el Cuadro N° 3.7 y las curvas granulométricas se encuentra en el Gráfico N° 3.2.

- Módulo de finura del agregado fino

El módulo de finura se obtiene de la suma de porcentajes retenidos acumulados de cada tamiz a partir de los resultados del ensayo granulométrico (Cuadro N° 3.7), siendo de 3.06 para el agregado fino. La fórmula de porcentajes retenidos acumulados es la siguiente:

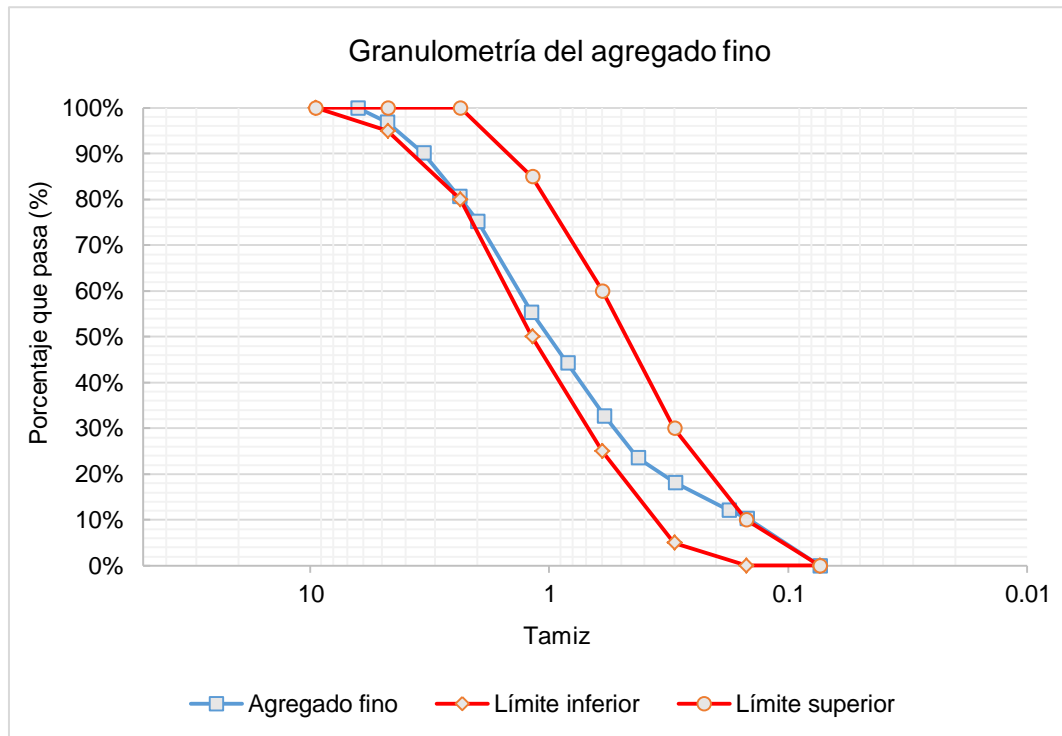
$$MF = \frac{\sum \% (3" + 1\ 1/2" + 3/4" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Cuadro N° 3.7 Granulometría del agregado fino

Malla (pulg.)	Malla (mm)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	Peso retenido promedio (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso que pasa (%)
1/4"	6.35	-	-	-	-	-	-	100.00
N° 4	4.76	16.19	16.17	16.18	16.18	3.13	3.13	96.87
N° 6	3.36	38.4	39.9	26.00	34.77	6.73	9.86	90.14
N° 8	2.38	52.8	47.4	47.1	49.10	9.50	19.37	80.63
N° 10	2	30.7	26.4	25.9	27.67	5.36	24.72	75.28
N° 16	1.19	107	102.7	98.1	102.60	19.86	44.58	55.42
N° 20	0.84	56.3	57.2	58.5	57.33	11.10	55.68	44.32
N° 30	0.59	56.4	59.9	62.6	59.63	11.54	67.23	32.77
N° 40	0.426	44.8	48.3	49.1	47.40	9.18	76.40	23.60
N° 50	0.297	26.3	28.1	30.7	28.37	5.49	81.89	18.11
N° 80	0.177	28.6	30.5	34	31.03	6.01	87.90	12.10
N° 100	0.149	8.1	8.8	9.5	8.80	1.70	89.60	10.40
N° 200	0.074	14	14.2	18.5	15.57	3.01	92.62	7.38
Fondo	-	37.3	36.6	40.5	38.13	7.38	100.00	0.00
Total	-	516.89	516.17	516.68	516.58	Módulo de finura = 3.06		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.2 Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

- **Materiales más finos que pasan la malla N°200 (75  $\mu$ m)**  
El material que pasa la malla N°200 está constituido por arcilla y limo, el cual al estar entremezclado con la arena incrementa los requerimientos de agua en la mezcla de concreto. Este material muy fino al presentarse en porcentajes altos en el agregado fino puede afectar la resistencia a la compresión del concreto, en cambio si este se encuentra en pequeños porcentajes ayudaría a la trabajabilidad de la mezcla. El agregado fino usado presenta 7.38% de finos que pasa la malla N°200 que se hallaron según la NTP 400.018 (2013) y su valor se muestra en el Cuadro N° 3.8.

Cuadro N° 3.8 Cuadro resumen de las propiedades del agregado fino

Descripción	Agregado fino	Unidades
Cantera	Trapiche (Lima)	-
Absorción	1.50	%
Peso específico	2.66	-
Peso unitario suelto	1570	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1653	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de finura	3.06	-
Finos que pasan la malla N° 200	7.38	%
Tamaño máximo	-	Pulgadas
Tamaño máximo nominal	-	Pulgadas

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3 Agregado global

El agregado global es la combinación entre el agregado grueso y fino en porcentajes de tal manera que la cantidad de vacíos de la combinación sea lo mínimo posible para obtener un concreto con mejores propiedades mecánicas y físicas.

Para hallar la mejor combinación se realiza el ensayo de máxima compacidad que se presenta en el método del agregado global (pág. 47), teniendo como resultado 45% de agregado fino y 55% de agregado grueso.

- Módulo de finura del agregado global

El módulo de finura se obtiene de la suma de porcentajes retenidos acumulados de determinados tamices a partir de los resultados del ensayo granulométrico (Cuadro N° 3.9), siendo de 5.53 para el agregado global. Las curvas granulométricas se encuentran en la Gráfico N° 3.3. Se muestra un resumen de las propiedades de los agregados en el Cuadro N° 3.10.

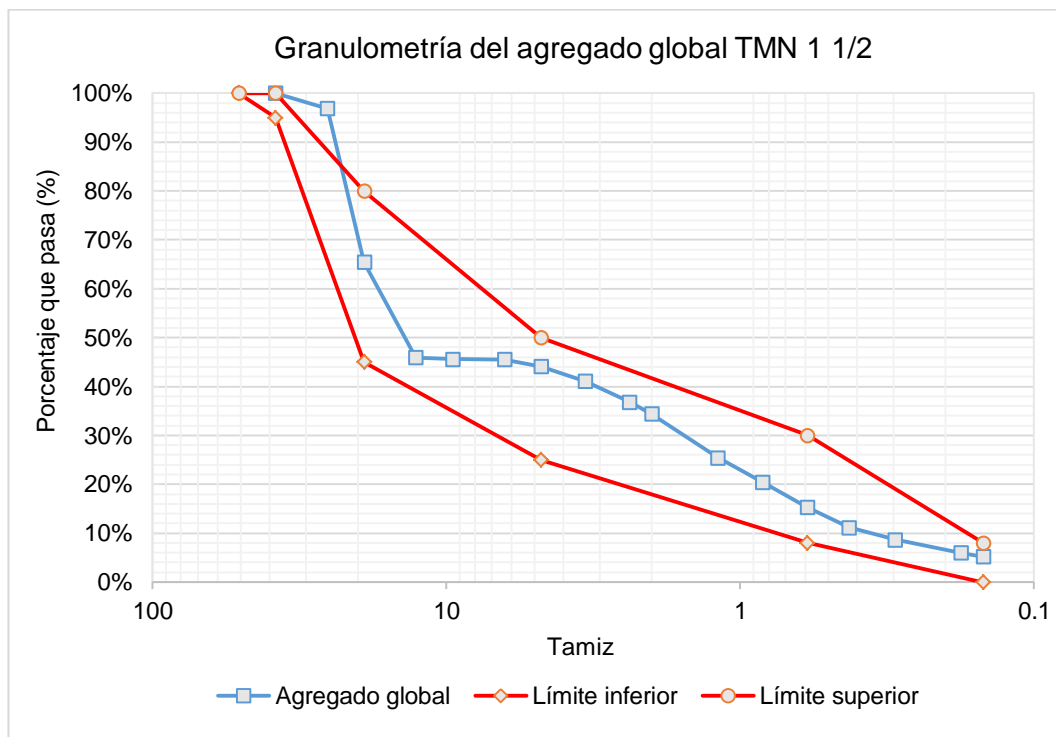


Cuadro N° 3.9 Granulometría del agregado global

Malla (pulg.)	Malla (mm)	Peso retenido de la piedra (%)	Peso retenido de la arena (%)	55% del peso de la piedra (%)	45% del peso de la arena (%)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso que pasa (%)
3"	76.2	-	-	-	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.1	-	-	-	-	-	-	100.00
1"	25.4	5.68	-	3.12	-	3.12	3.12	96.88
3/4"	19.05	57.16	-	31.44	-	31.44	34.56	65.44
1/2"	12.7	35.41	-	19.48	-	19.48	54.03	45.97
3/8"	9.525	0.61	-	0.33	-	0.33	54.37	45.63
1/4"	6.35	0.15	-	0.08	-	0.08	54.45	45.55
N° 4	4.76	0.03	3.13	0.02	1.41	1.43	55.88	44.12
N° 6	3.36	-	6.73	-	3.03	3.03	58.90	41.10
N° 8	2.38	-	9.50	-	4.28	4.28	63.18	36.82
N° 10	2	-	5.36	-	2.41	2.41	65.59	34.41
N° 16	1.19	-	19.86	-	8.94	8.94	74.53	25.47
N° 20	0.84	-	11.10	-	4.99	4.99	79.52	20.48
N° 30	0.59	-	11.54	-	5.19	5.19	84.72	15.28
N° 40	0.426	-	9.18	-	4.13	4.13	88.85	11.15
N° 50	0.297	-	5.49	-	2.47	2.47	91.32	8.68
N° 80	0.177	-	6.01	-	2.70	2.70	94.02	5.98
N° 100	0.149	-	1.70	-	0.77	0.77	94.79	5.21
N° 200	0.074	-	3.01	-	1.36	1.36	96.14	3.86
Fondo	-	0.97	7.38	0.53	3.32	3.86	100.00	0.00
Total	-	100.00	100.00	55.00	45.00	Módulo de finura = 5.53		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.3 Curva granulométrica del agregado global



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 3.10 Resumen de las propiedades de los agregados

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
Cantera	Trapiche (Lima)	Carapongo (Huachipa)	-
Absorción	1.50	0.40	%
Peso específico	2.66	2.66	-
Peso unitario suelto	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de finura	3.06	7.56	-
Módulo de finura del agregado global	5.53		-
Relación del agregado global	45	55	%
Porcentaje que pasa la malla N°200	7.38	0.97	%
Tamaño máximo	-	1 1/2	Pulgada
Tamaño máximo nominal	-	1	Pulgada

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 CEMENTO

El cemento utilizado es el Cemento Portland Tipo I - Sol de la fábrica de cementos Lima que cumple con NTP 334.009 (2016) y ASTM C-150. Las características físicas del cemento utilizado se presentan en el Cuadro N° 3.11.

Cuadro N° 3.11 Características físicas del Cemento Portland Tipo I - Sol

Características físicas	Tipo I - Sol	Requisito ASTM C-150 NTP 334.002
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	3.15	-
Fineza malla N°100 (%)	0.04	-
Fineza malla N°200 (%)	4.14	-
Superficie específica blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3480	Mínimo 2800
Contenido de aire (%)	9.99	Máximo 12
Expansión autoclave (%)	0.18	Máximo 0.8
Fraguado inicial Vicat (horas:minutos)	1:49	Mínimo 0:45
Fraguado final Vicat (horas:minutos)	3:29	Máximo 6:15
f'c a 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	254	124 (12.4 Mpa)
f'c a 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	301	193 (19.3 Mpa)
f'c a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	357	276 (27.6 Mpa)*
Calor de hidratación 7 días (cal/g)	70.6	-
Calor de hidratación 28 días (cal/g)	84.3	-

Fuente: Información proporcionada por el fabricante

(\*) Requisito opcional

### 3.3 MICROMINERAL SIO 400

En la presente tesis se utilizó el adicionante Micromineral SIO 400 de la empresa mineral Mundi, el cual es un polvo de color blanco, cuya presentación son bolsas de 20 kg. Se realizó estudios de análisis químico en el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, además se halló la densidad en el laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### 3.3.1 Densidad

Para hallar esta propiedad colocamos 500 gramos de Micromineral SIO 400 al horno por 24 horas, luego se saca una muestra de 50g para colocarla con cuidado en el frasco de Le Chatelier, el cual ha sido llenado de gasolina hasta el nivel cero, el frasco se mantiene a una misma temperatura en una cámara donde la temperatura sea constante en este caso fue de 21°C. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 3.12.

Cuadro N° 3.12 Datos del peso específico para la muestra de Micromineral SIO 400

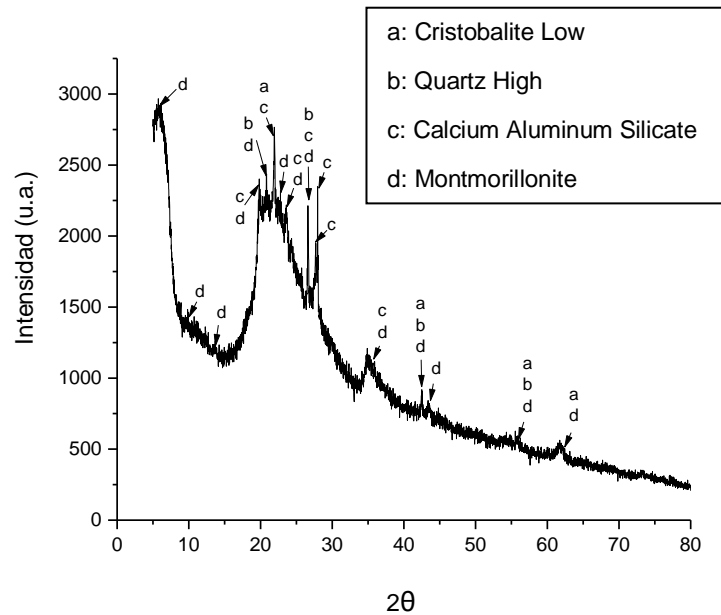
Datos	Resultados	Unidades
Peso de la muestra	50	g
Lectura inicial	0.3	ml
Lectura final	22.2	ml
Volumen	21.9	cm <sup>3</sup>
Densidad	2.28	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.2 Forma de la partícula

Se analizó 2 gramos del Micromineral SIO 400 con el método de difracción de rayos X, donde se indica que la muestra es altamente amorfa por la cantidad de picos de intensidad de acuerdo a la desviación de la línea base entre 15° y 30° (2θ) que se observar en la Gráfico N° 3.4.

Gráfico N° 3.4 Difractograma de rayos X para la muestra de Micromineral SIO 400

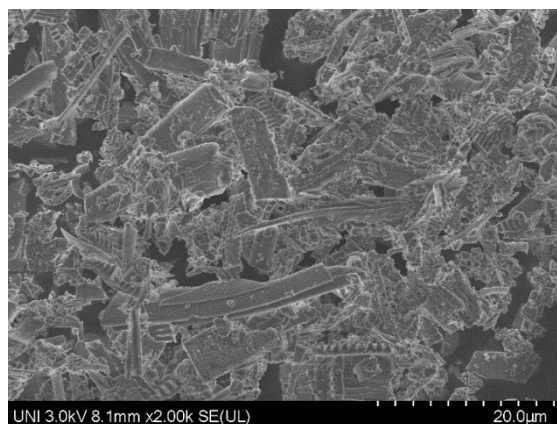


Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

Con el Microscopio Electrónico de Barrido se toma una microfotografía SEM (Scanning Electron Microscope) para determinar en el Micromineral SIO 400 la forma de las partículas y el tamaño de estas.

Se determinó que la morfología tiene una forma irregular de tipo hojuelas (flakes) rectangulares que se puede observar en la Figura N° 3.1.

Figura N° 3.1 Microfotografía SEM (Scanning Electron Microscope) para la muestra de Micromineral SIO 400

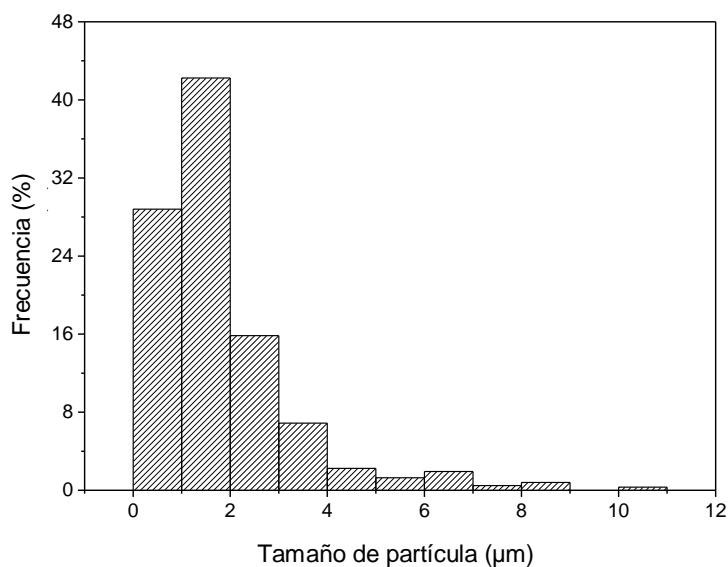


Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

### 3.3.3 Tamaño de partícula

El tamaño de partícula se determinó con el método de área proyectada en un polígono aproximado, se consideró el supuesto de que el grano sea cuadrado dando como resultado un tamaño de partícula promedio de 1.83  $\mu\text{m}$ . El histograma se puede observar en la Gráfico N° 3.5 y los resultados en el Cuadro N° 3.13.

Gráfico N° 3.5 Histograma de tamaño de partícula para la muestra de Micromineral SIO 400



Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

Cuadro N° 3.13 Resultados del histograma de tamaño de partícula para la muestra de Micromineral SIO 400

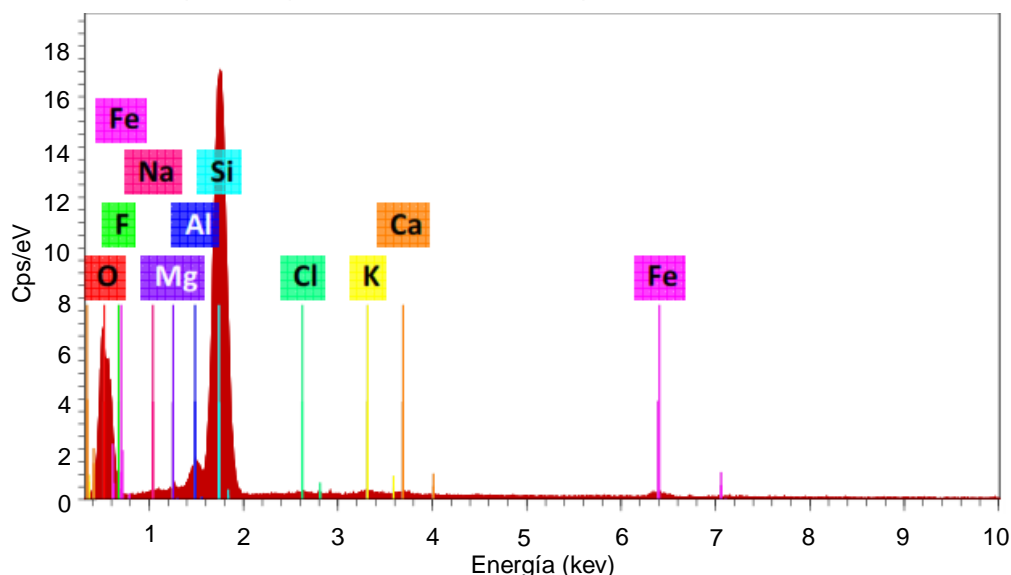
Datos	Resultados
Número total (unidades)	630
Promedio ( $\mu\text{m}$ )	1.83
Desviación estándar ( $\mu\text{m}$ )	1.49
Mínimo ( $\mu\text{m}$ )	0.04
Media ( $\mu\text{m}$ )	1.40
Máximo ( $\mu\text{m}$ )	10.93

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

### 3.3.4 Análisis químico

Se determinó la composición química del Micromineral SIO 400 con el método de Espectrometría de Dispersión de Energía de Rayos X (EDS) el cual consiste en medir la energía de los rayos X para ionizar el electrón de los elementos químicos a analizar, esta energía es una característica propia de cada elemento. En el análisis se usó el equipo Bruker Xflash 6/60 que generó el Gráfico N° 3.6 que muestra un espectro de “Cuentas” vs Energía. Los resultados de composición química se muestran en el Cuadro N° 3.14. Se muestra un resumen de las características del Micromineral SIO 400 en el Cuadro N° 3.15.

Gráfico N° 3.6 Composición química en forma de óxidos para la muestra de Micromineral SIO 400



Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

Cuadro N° 3.14 Compuestos químicos del Micromineral SIO 400

Compuesto	Porcentaje de masa (%)	Desviación estándar
SiO <sub>2</sub>	83.81	0.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.45	0.11
FeO	1.54	0.04
MgO	1.15	0.04
Na <sub>2</sub> O	1.10	0.06
K <sub>2</sub> O	0.73	0.03
CaO	0.62	0.03
Otros	4.60	0.10

Fuente: Información proporcionada por el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

Cuadro N° 3.15 Resumen de características del Micromineral SIO 400

Descripción	Micromineral SIO 400	Unidad
Color	Blanco	-
Presentación	Bolsa de 20 kg	-
Aspecto	Polvo	-
Porcentaje de SiO <sub>2</sub>	83.81	%
Densidad	2.28	g/cm <sup>3</sup>
Finura (diámetro promedio)	1.83	µm
Partícula	Tipo hojuelas (flakes) rectangulares	-
Forma	Amorfa	-

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 ADITIVO PLASTIFICANTE

En la presente tesis se utilizó el aditivo plastificante Chemaplast de la empresa Chema, el cual cumple con la norma ASTM C-494 tipo A. Las características del material están en el Cuadro N° 3.16.

Cuadro N° 3.16 Características del aditivo plastificante Chemaplast

Aditivo plastificante Chemaplast	
Descripción	Chemaplast es un aditivo reductor de agua y plastificante de color marrón de uso universal, que hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil colocación. Permite una reducción de agua hasta 10%, generando un aumento en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto.
Datos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apariencia: Líquido</li> <li>- Color: Marrón oscuro</li> <li>- Densidad: 1.2 g/ml ± 0.06</li> <li>- pH: 9.00 - 12.50</li> <li>- VOC: 0 g/L</li> </ul>
Rendimiento	La dosis sugerida es de 145 ml a 360 ml de Chemaplast por bolsa de



	<p>cemento. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales, tipo de cemento y en las condiciones de obra.</p>
Almacenamiento	<p>1 año almacenado en su envase original, sellado en lugar fresco, ventilado y bajo techo.</p>
Usos	<p>Como reductor de agua y plastificante en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En concretos estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.</li> <li>- En concreto caravista.</li> <li>- En concretos pretensados y post-tensados.</li> <li>- En obras hidráulicas.</li> <li>- En concretos para elementos pre-fabricados: postes, buzones, cajas, tuberías, etc.</li> <li>- En concretos para pavimentos y puentes.</li> <li>- En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.</li> <li>- En concretos de reparación en general.</li> <li>- En construcciones frente al mar se recomienda utilizarlo desde los cimientos, en el concreto de techos, vigas, columnas, pisos, en el mortero de asentado y en el tarrajeo.</li> <li>- En esculturas de concreto.</li> </ul>
Precauciones y recomendaciones	<p>En caso de emergencia, llame al</p>

	CETOX (Centro Toxicológico). Durante su manipulación no beber ni comer alimentos. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Es tóxico si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.
--	---

Fuente: Información proporcionada por el fabricante

### 3.5 AGUA

En la presente tesis se utilizó agua potable del grifo (Sedapal) para la preparación de la mezcla de concreto y el curado de las probetas. No se realizó ningún ensayo al agua potable, porque esta cumple con la norma NTP 339.088 (2014).

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

### 4.1 GENERALIDADES

El diseño de mezclas tiene como objetivo calcular las proporciones óptimas de los materiales que compone la mezcla de tal manera que resulte económicamente viable. Las proporciones que se encuentran en el procedimiento están regidas por criterios teóricos experimentales que se basan en características físicas y mecánicas de los agregados, el tipo de cemento, el tipo de aditivo, los requerimientos y condiciones de obra. Estos criterios están establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP), American Concrete Institute (ACI) y American Society For Testing And Materials (ASTM).

### 4.2 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN – CP

El método de diseño que se utilizó en la presente tesis es el “método del agregado global” que busca el mejor acomodo entre las partículas del agregado fino y grueso de tal manera que se utilice la menor cantidad de pasta posible en la mezcla haciendo esta mucha más económica.

#### 4.2.1 Ensayo de máxima compactación

Este ensayo busca el mejor acomodo entre las partículas del agregado fino y grueso con el Máximo Peso Unitario Compactado (M.P.U.C.). Para lograr esta óptima proporción en la presente tesis se realizó los diseños de mezclas del concreto patrón con relación agua/cemento (a/c) iguales a 0.55, 0.50 y 0.45 con asentamiento de 4”.

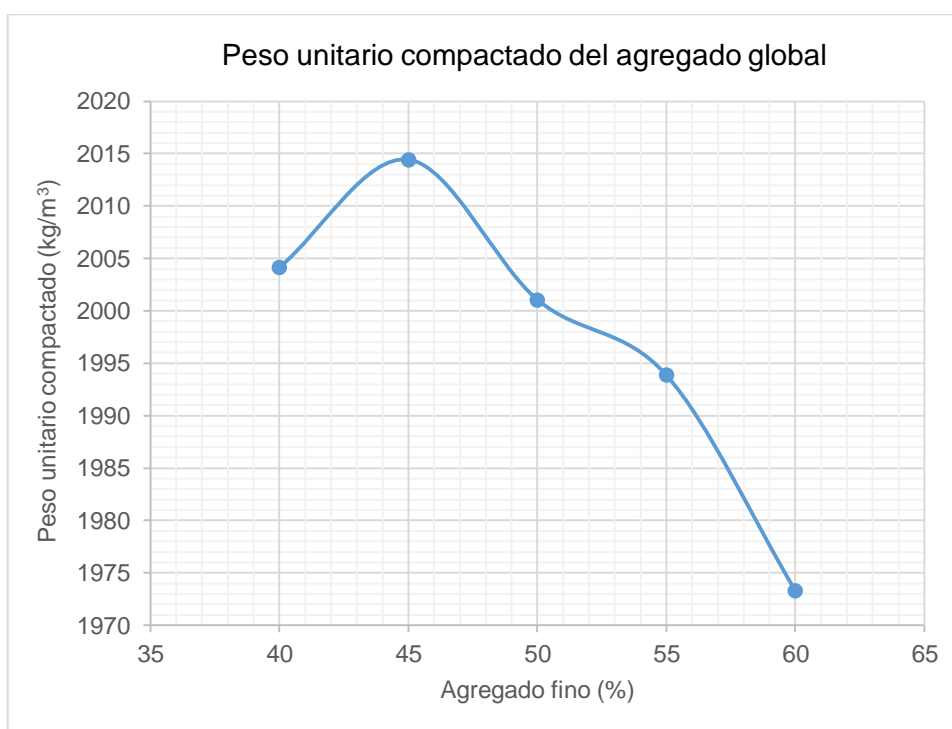
- a) El primer parámetro que se halla es el M.P.U.C., las proporciones en porcentaje de los agregados variarán en un 5% para poder hallarlo, estas combinaciones se denominarán agregado global. Los resultados de la combinación de los agregados se muestran en Cuadro N° 4.1 y el Gráfico N° 4.1.

Cuadro N° 4.1 Resultados del peso unitario compactado de la combinación de los agregados

Combinación de agregados		Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )
Agregado fino (%)	Agregado grueso (%)	
40	60	2004
45	55	2014
50	50	2001
55	45	1994
60	40	1973

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.1 Peso unitario compactado del agregado global



Fuente: Elaboración propia

La proporción de agregados que da como resultado el Máximo Peso Unitario Compactado (M.P.U.C.) es 45% de agregado fino y 55% de agregado grueso con 2014 kg/m<sup>3</sup> de M.P.U.C.

- b) Luego se hallará las resistencias a la compresión de las relaciones Arena/Piedra variando los porcentajes de los agregados en un ± 3% entorno al Máximo Peso Unitario Compactado (M.P.U.C.), porque en este rango posiblemente se encuentre la máxima resistencia a la compresión dando consigo la mejor relación arena/piedra (A/P). Para el diseño de

estas mezclas se tuvo que encontrar de antemano la cantidad de agua requerida para obtener un asentamiento de 4", manteniendo constante la relación agua/cemento (a/c), esto se realizó con el método del ACI. Se utilizó 5 probetas por relación a/c para la realización del ensayo de compresión a los 7 días. La relación arena/piedra (A/P) se observa en el Cuadro N° 4.2.

Cuadro N° 4.2 Porcentajes de arena y piedra para el método de compacidad y resistencia

Relación de arena/piedra (%)	42/58
	45/55
	48/52

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Método de diseño del ACI

El método consiste en encontrar un diseño que cumpla con los requerimientos que se necesita. La mezcla que se desea tiene que tener un asentamiento de 4"; por lo tanto, se recurrirá a interpolar datos experimentales hasta encontrar la cantidad de agua requerida para el diseño, se mantendrá constante la relación agua/cemento (a/c) y se elegirá un porcentaje de arena y piedra (42% / 58%).

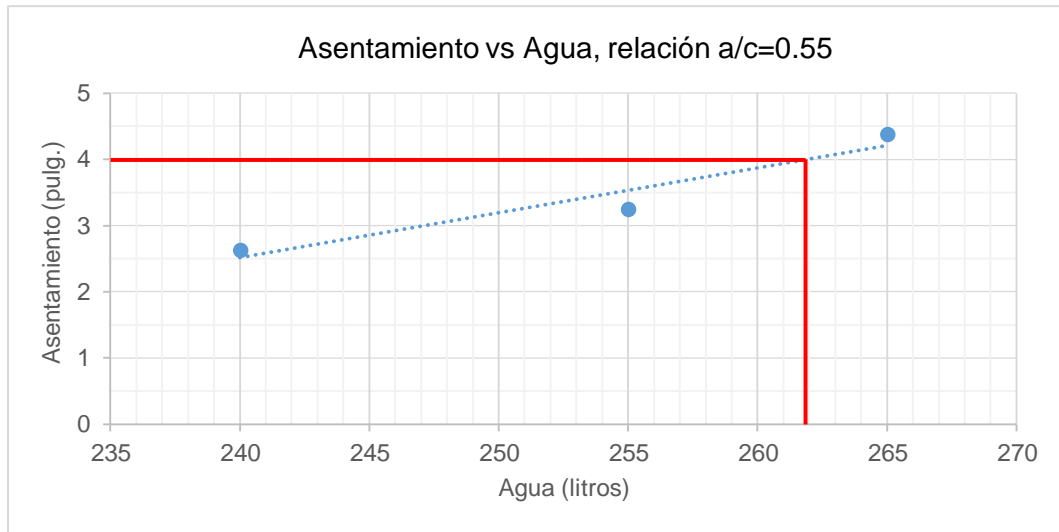
- Para la relación a/c igual a 0.55 se comenzó con un agua de diseño de 240 litros para 1 m<sup>3</sup> de concreto, luego se usó 255 litros y por ultimo 265 litros obteniendo resultados de asentamiento en el Cuadro N° 4.3. En el Gráfico N° 4.2 se observa la tendencia de los resultados.

Cuadro N° 4.3 Valores de litros de agua y slump para la relación a/c=0.55

a/c	%A / %P	Agua (litros)	Slump (pulg.)
0.55	42/58	240	2.6
		255	3.3
		265	4.4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.2 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación  $a/c=0.55$



Fuente: Elaboración propia

Por el modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una recta en el Gráfico N° 4.2 obteniendo como resultado que 261.80 litros de agua de diseño nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación  $a/c=0.55$ .

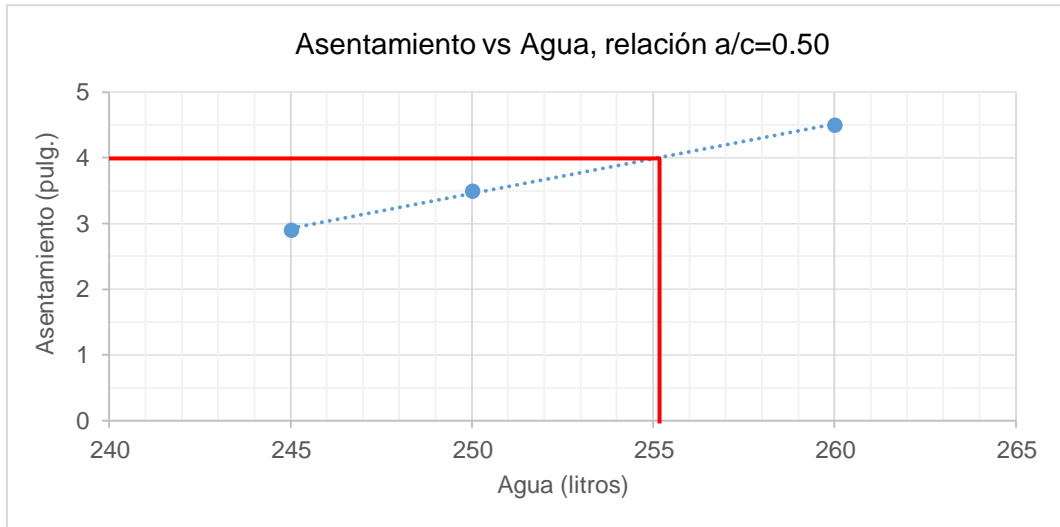
- Para la relación  $a/c$  igual a 0.50 se comenzó con un agua de diseño de 245 litros para 1 m<sup>3</sup> de concreto, luego se usó 250 litros y por último 260 litros obteniendo resultados de asentamiento en el Cuadro N° 4.4. En el Gráfico N° 4.3 se observa la tendencia de los resultados.

Cuadro N° 4.4 Valores de litros de agua y slump para la relación  $a/c=0.50$

$a/c$	%A / %P	Agua (litros)	Slump (pulg.)
0.50	42/58	245	2.9
		250	3.5
		260	4.5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.3 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación a/c=0.50



Fuente: Elaboración propia

Por el modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una recta en el Gráfico N° 4.3 obteniendo como resultado que 255.17 litros de agua de diseño nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.50.

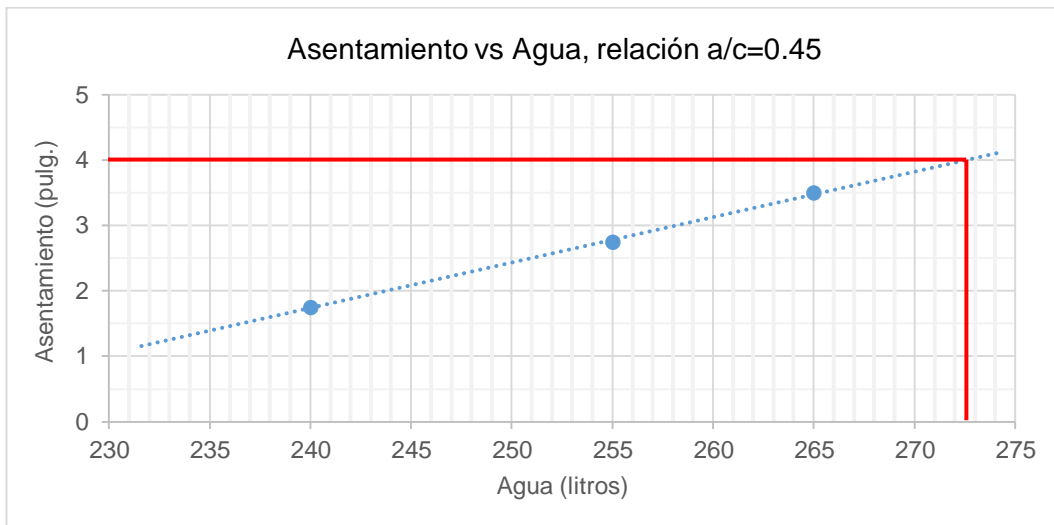
- Para la relación a/c igual a 0.45 se comenzó con un agua de diseño de 240 litros para 1 m<sup>3</sup> de concreto, luego se usó 255 litros y por último 265 litros obteniendo resultados de asentamiento en el Cuadro N° 4.5. En el Gráfico N° 4.4 se observa la tendencia de los resultados.

Cuadro N° 4.5 Valores de litros de agua y slump para la relación a/c=0.45

a/c	%A / %P	Agua (litros)	Slump (pulg)
0.45	42/58	240	1.8
		255	2.8
		265	3.5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.4 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación a/c=0.45



Fuente: Elaboración propia

Por el modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una recta en el Gráfico N° 4.4 obteniendo como resultado que 272.60 litros de agua de diseño nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.45.

Una vez hallado el agua de diseño se procede a calcular los diseños para cada relación de agregado fino y agregado grueso con el objetivo de obtener una curva de resistencia para cada relación agua/cemento (a/c).

En esta etapa se realizaron 5 probetas de 10 x 20 cm que se ensayaron a los 7 días de curado. Los resultados se observan en el Cuadro N° 4.6. Las curvas de resistencias se observa en el Gráfico N° 4.5, Gráfico N° 4.7 y Gráfico N° 4.9. La superposición de gráficos de resistencia a la compresión y PUC se observa en el Gráfico N° 4.6, Gráfico N° 4.8 y Gráfico N° 4.10.

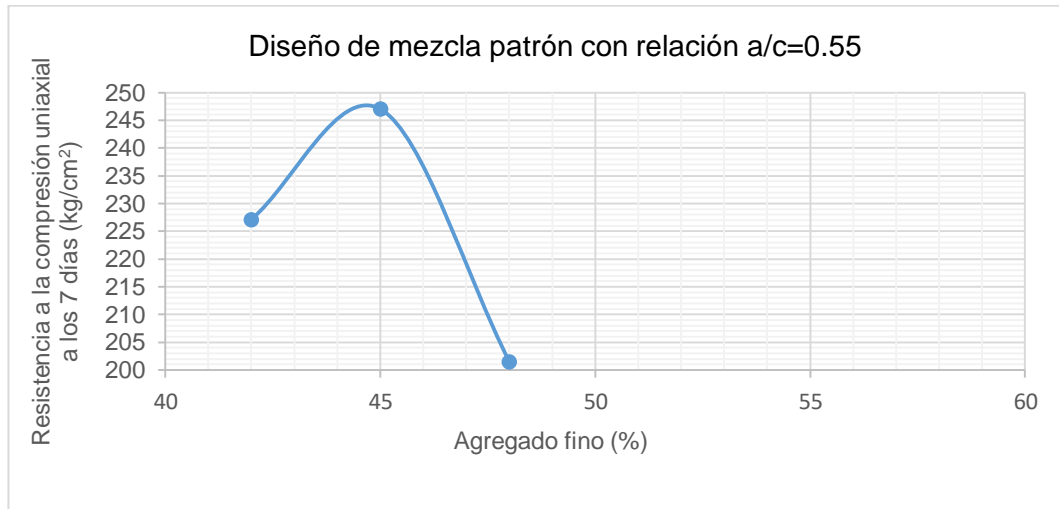
Cuadro N° 4.6 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado

Relación arena/piedra (%)	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado (kg/cm <sup>2</sup> )		
	a/c=0.55	a/c=0.50	a/c=0.45
42/58	227.12	222.21	280.17
45/55	247.02	259.67	298.66
48/52	201.57	243.30	274.15

Fuente: Elaboración propia

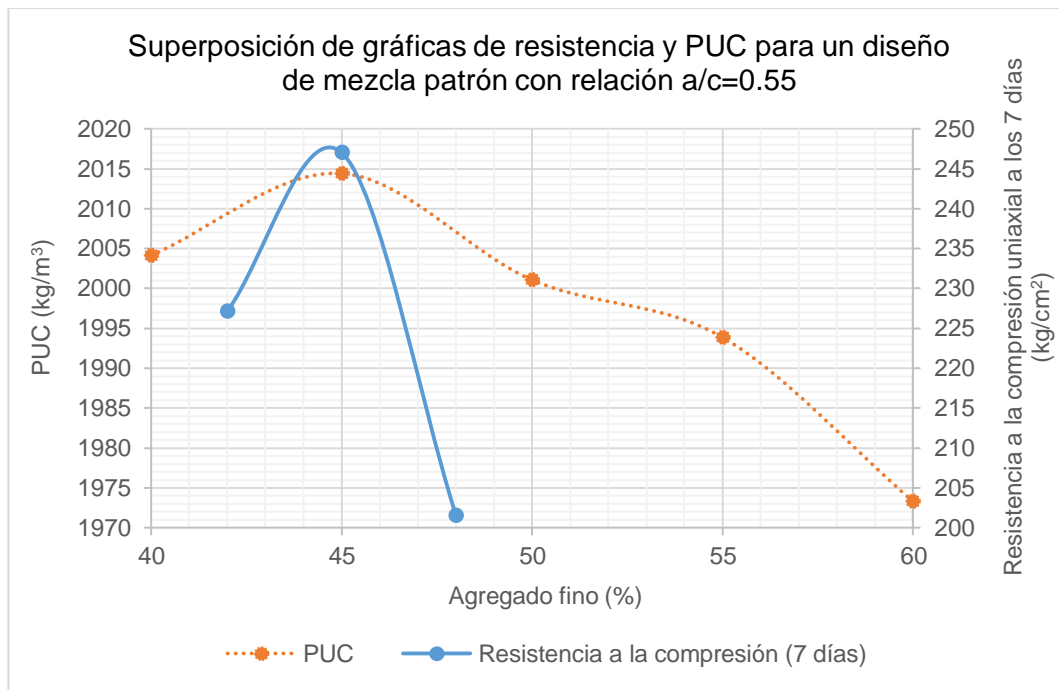


Gráfico N° 4.5 Resistencia a la compresión del diseño con relación a/c=0.55



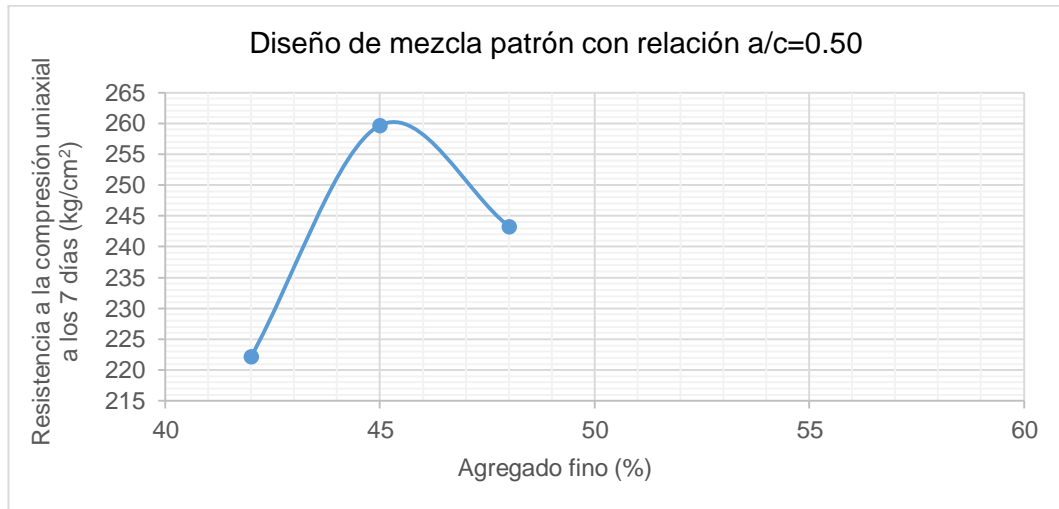
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.6 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación a/c=0.55



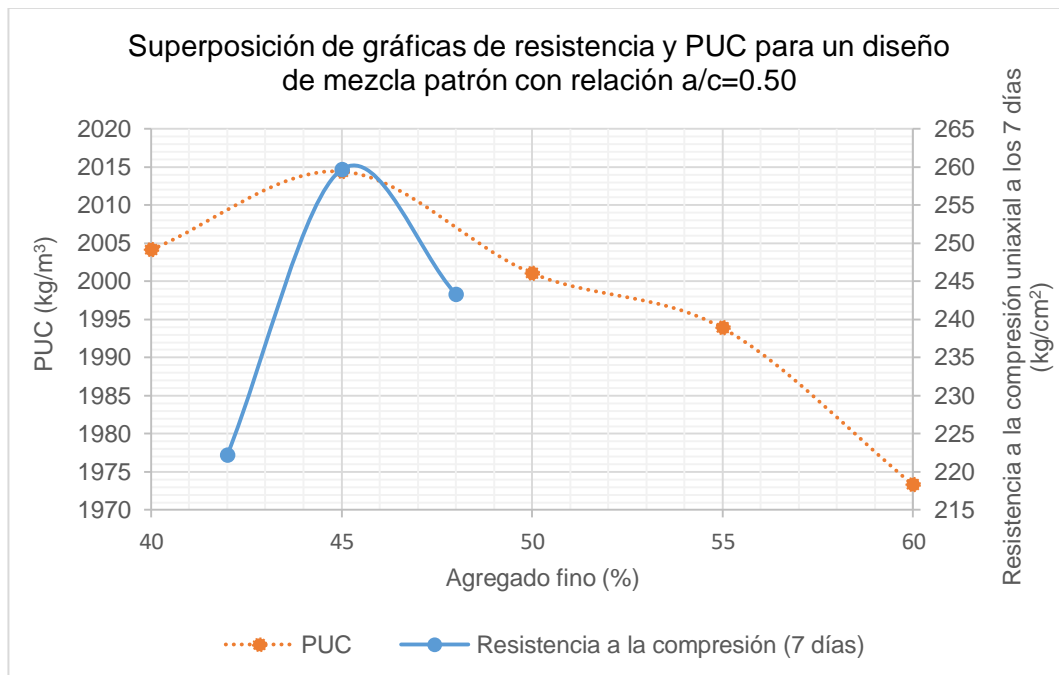
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.7 Resistencia a la compresión del diseño con relación  $a/c=0.50$



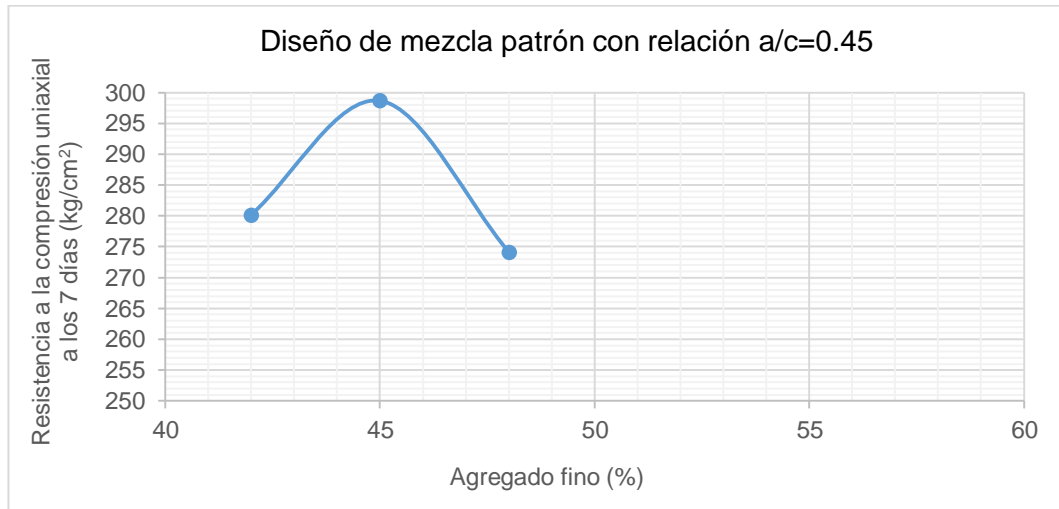
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.8 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación  $a/c=0.50$



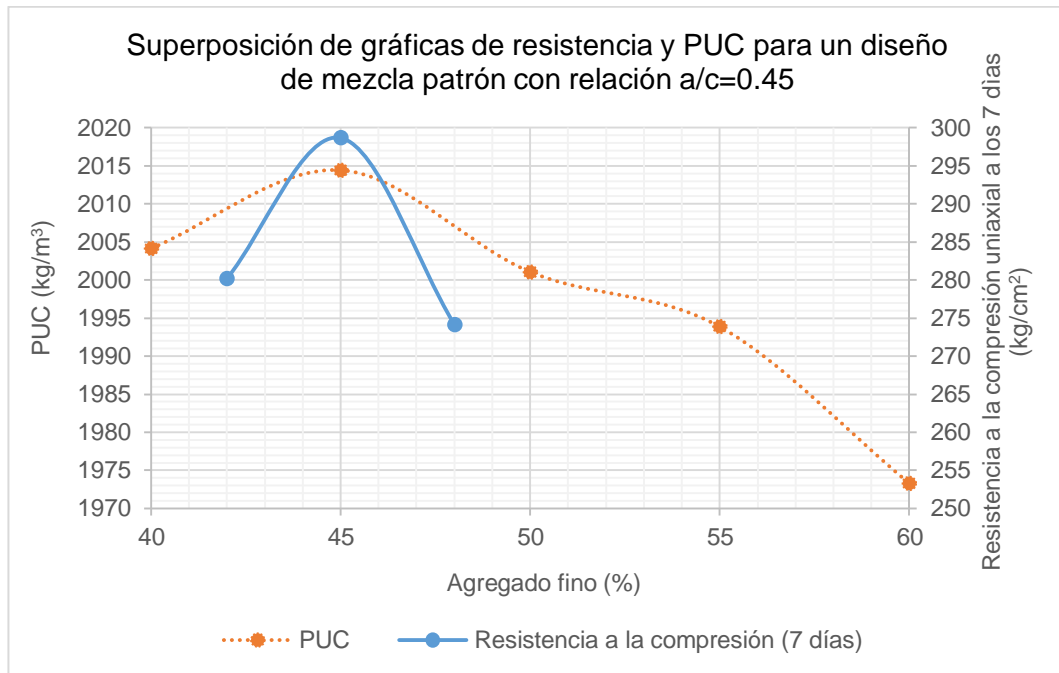
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.9 Resistencia a la compresión del diseño con relación a/c=0.45



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.10 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación a/c=0.45



Fuente: Elaboración propia

Para los diseños de mezcla con relaciones agua/cemento (a/c) iguales a 0.55, 0.50 y 0.45 se obtuvo como resultado con la superposición de gráficas de resistencia a la compresión y Peso Unitario Compactado (PUC) una relación óptima de arena/piedra (A/P) de 45% y 55%.

Obtenido este resultado se realizó el diseño de la mezcla patrón para las tres relaciones de agua/cemento (a/c) que se observan en el Cuadro N° 4.7, Cuadro N° 4.8 y Cuadro N° 4.9.

Cuadro N° 4.7 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón (CP) con relación a/c=0.55 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	261.80	0.26	0.55
Arena	685.11	0.257	1.44
Piedra	835.43	0.315	1.76
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Sumatoria	2258.359	1.000	-
Asentamiento	4"		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.8 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón (CP) con relación a/c=0.50 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.50)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.16	1.00
Agua	255.17	0.26	0.50
Arena	679.99	0.256	1.33
Piedra	829.20	0.312	1.62
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Sumatoria	2274.715	1.000	-
Asentamiento	4"		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.9 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón (CP) con relación a/c=0.45 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.45)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	272.60	0.27	0.45
Arena	622.84	0.234	1.03
Piedra	759.50	0.286	1.25
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Sumatoria	2260.728	1.000	-
Asentamiento	4"		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO – CPA

Para el diseño del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) se mantuvo la dosificación del concreto patrón. Esta mezcla se le adicionó el aditivo plastificante Chemaplast, el cual se halló el porcentaje que se debe utilizar respecto a la cantidad de cemento.

Se debe mencionar que en la presente tesis se está utilizando el aditivo plastificante por motivos de trabajabilidad, porque el Micromineral SIO 400 seca la mezcla; por lo tanto, solo se utilizó una dosificación para los distintos diseños partiendo de las recomendaciones de la empresa Chema para su utilización.

Primero se halla el porcentaje de aditivo que presentará la dosificación para esto se partió de un concreto con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.70 y una reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño, porque la recomendación máxima de la empresa Chema es 10%. Se utilizó una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.7 por ser una relación muy desfavorable en cuanto al asentamiento, siempre y cuando se le agrega aditivo plastificante, porque este tiende a aumentar su asentamiento en gran medida.

Se debe mencionar que en un inicio se utilizó la recomendación mínima de 145 ml por bolsa de cemento sugerida por la empresa Chema que en porcentaje representa el 0.41% del peso de cemento, reduciendo la cantidad de agua, pero los resultados de asentamiento obtenidos siempre eran mayores que 4"; por lo

tanto, se optó por hallar un porcentaje de tal manera que se pueda obtener un asentamiento de 4”.

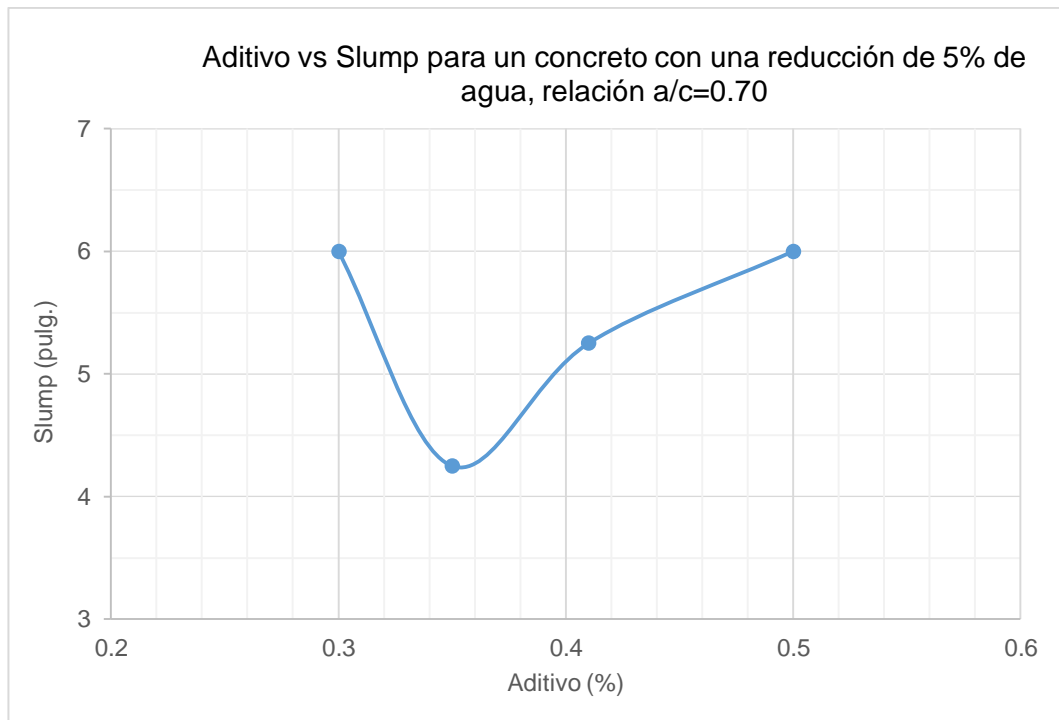
Se utilizaron los siguientes porcentajes de aditivos 0.3%, 0.35%, 0.41% y 0.5% obteniendo resultados que se observan en el Cuadro N° 4.10. La curva de tendencia se observa en el Gráfico N° 4.11.

Cuadro N° 4.10 Valores slump obtenido de los porcentajes de aditivo de un concreto con una relación a/c=0.70 y una reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño

a/c	Reducción de agua (%)	Porcentaje de aditivo (%)	Slump (pulg.)
0.70	5	0.3	6
		0.35	4.3
		0.41	5.3
		0.5	6

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.11 Cálculo del porcentaje de aditivo para el concreto con relación a/c=0.70 y reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo como resultado un porcentaje de aditivo de 0.35% de peso del cemento, que representa 124 ml por bolsa de cemento, con un asentamiento de 4.3”.

Luego se procede a hallar la reducción de agua para las mezclas de concreto con aditivo para las relaciones agua/cemento (a/c) iguales a 0.55, 0.50 y 0.45 con el objetivo de obtener un asentamiento de 4”.

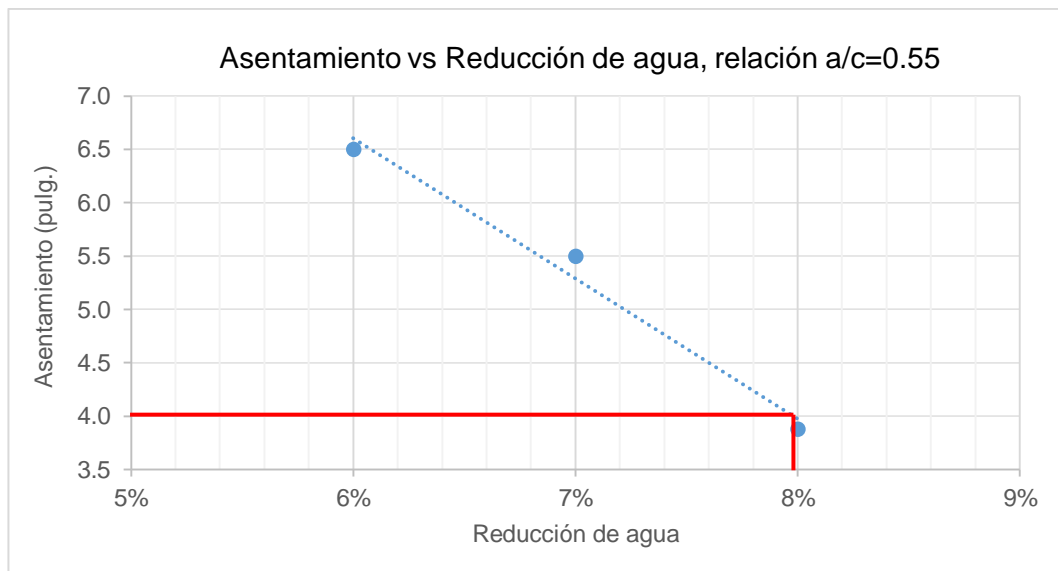
Por el modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una recta en el Gráfico N° 4.12 obteniendo como resultado que 7.98% de reducción de agua respecto al agua de diseño nos proporciona un asentamiento de 4” para una relación a/c=0.55. Los resultados se observan en el Cuadro N° 4.11 y la tendencia en el Gráfico N° 4.12.

Cuadro N° 4.11 Valores de reducción de agua y slump para la relación a/c=0.55

a/c	Aditivo (%)	Reducción de agua (%)	Slump (pulg.)
0.55	0.35	6	6.5
		7	5.5
		8	3.9

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.12 Cálculo de la reducción de agua para la relación a/c=0.55



Fuente: Elaboración propia

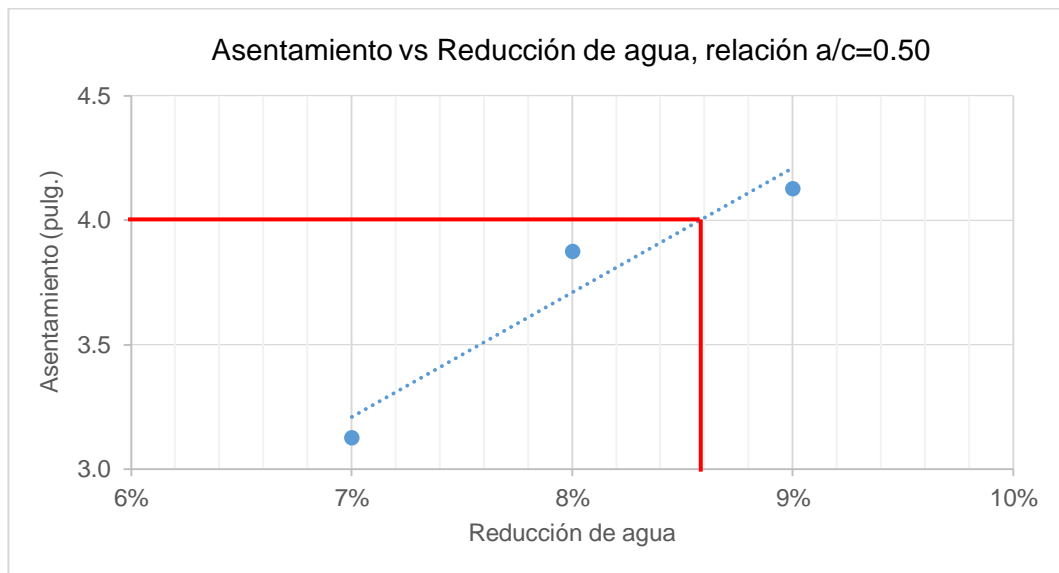
Por el modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una recta en el Gráfico N° 4.13 obteniendo como resultado que 8.58% de reducción de agua respecto al agua de diseño nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación  $a/c=0.50$ . Los resultados se observan en el Cuadro N° 4.12 y la tendencia en el Gráfico N° 4.13.

Cuadro N° 4.12 Valores de reducción de agua y slump para la relación  $a/c=0.50$

a/c	Aditivo (%)	Reducción de agua (%)	Slump (pulg.)
0.50	0.35	7	3.1
		8	3.9
		9	4.1

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.13 Cálculo de la reducción de agua para la relación  $a/c=0.50$



Fuente: Elaboración propia

Por el modelo matemático de regresión lineal se obtuvo una recta en el Gráfico N° 4.14 obteniendo como resultado que 6.27% de reducción de agua respecto al agua de diseño nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación  $a/c=0.45$ . Los resultados se observan en el Cuadro N° 4.13 y la tendencia en el Gráfico N° 4.14.

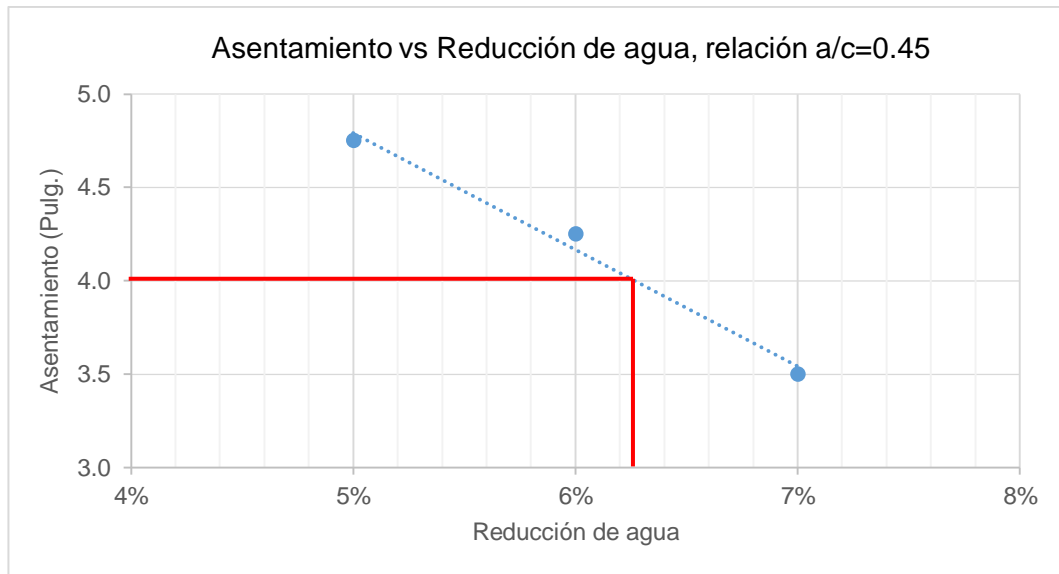


Cuadro N° 4.13 Valores de reducción de agua y slump para la relación a/c=0.45

a/c	Aditivo (%)	Reducción de agua (%)	Slump (pulg.)
0.45	0.35	5	4.8
		6	4.3
		7	3.5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 4.14 Cálculo de la reducción de agua para la relación a/c=0.45



Fuente: Elaboración propia

Obtenido estos resultados se tiene el diseño del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) para las tres relaciones de agua/cemento (a/c) que se muestra en el Cuadro N°4.14, Cuadro N°4.15 y Cuadro N° 4.16.

Cuadro N° 4.14 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación  $a/c=0.55$  para  $1\text{m}^3$  de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto ( $a/c=0.55$ )		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto ( $\text{m}^3$ )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	240.91	0.24	0.51
Arena	708.47	0.266	1.49
Piedra	863.91	0.325	1.81
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035
Sumatoria	2290.97	1.000	-
Asentamiento	4"		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.15 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación  $a/c=0.50$  para  $1\text{m}^3$  de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto ( $a/c=0.50$ )		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto ( $\text{m}^3$ )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.160	1.00
Agua	233.28	0.230	0.46
Arena	704.43	0.265	1.38
Piedra	858.99	0.324	1.68
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035
Sumatoria	2308.84	1.000	-
Asentamiento	4"		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.16 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación  $a/c=0.45$  para  $1\text{m}^3$  de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto ( $a/c=0.45$ )		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto ( $\text{m}^3$ )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	255.51	0.26	0.42
Arena	641.19	0.241	1.06
Piedra	781.88	0.294	1.29
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035
Sumatoria	2286.49	1.000	-
Asentamiento	4"		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO MÁS MICROMINERAL SIO 400 (CAM5 – CAM10)

Para el diseño de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) se mantuvo la misma relación del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) añadiendo 5% de Micromineral SIO 400 de peso del cemento.

El diseño del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) para las tres relaciones de agua/cemento ( $a/c$ ) se muestran en el Cuadro N° 4.17, Cuadro N° 4.18 y Cuadro N° 4.19.

Cuadro N° 4.17 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO  
400 al 5% (CAM5) con relación a/c=0.55 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	240.91	0.24	0.51
Arena	695.97	0.262	1.46
Piedra	848.67	0.320	1.78
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035
Micromineral	23.80	0.010	0.05
Sumatoria	2287.03	1.000	-

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.18 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO  
400 al 5% (CAM5) con relación a/c=0.50 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.50)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.16	1.00
Agua	233.28	0.23	0.46
Arena	691.03	0.260	1.35
Piedra	842.65	0.317	1.65
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035
Micromineral	25.52	0.011	0.05
Sumatoria	2304.61	1.000	-

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.19 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) con relación a/c=0.45 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.45)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	255.51	0.26	0.42
Arena	625.28	0.235	1.03
Piedra	762.48	0.287	1.26
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035
Micromineral	30.29	0.013	0.05
Sumatoria	2281.47	1.000	-

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) se mantuvo la misma relación del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) añadiendo 10% de Micromineral SIO 400 de peso del cemento.

El diseño del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) para las tres relaciones de agua/cemento (a/c) se muestran en el Cuadro N° 4.20, Cuadro N° 4.21 y Cuadro N° 4.22.

Cuadro N° 4.20 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación a/c=0.55 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	240.91	0.24	0.51
Arena	683.46	0.257	1.44
Piedra	833.43	0.314	1.75
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035
Micromineral	47.60	0.021	0.10
Sumatoria	2283.08	1.000	-

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.21 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación a/c=0.50 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.50)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.16	1.00
Agua	233.28	0.23	0.46
Arena	677.63	0.255	1.33
Piedra	826.31	0.311	1.62
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035
Micromineral	51.03	0.022	0.10
Sumatoria	2300.38	1.000	-

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.22 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) con relación a/c=0.45 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.45)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	255.51	0.26	0.42
Arena	609.37	0.229	1.01
Piedra	743.08	0.280	1.23
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035
Micromineral	60.58	0.027	0.10
Sumatoria	2276.45	1.000	-

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V: ENSAYOS Y RESULTADOS

### 5.1 ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Los ensayos en la presente tesis realizados en el concreto en estado fresco son los siguientes: Consistencia, peso unitario, fluidez, contenido de aire, exudación y tiempo de fragua. Para el estado endurecido se realizaron los siguientes ensayos: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por compresión diametral y módulo elástico estático.

#### 5.1.1 Propiedades del concreto en estado fresco

##### 5.1.1.1 Consistencia

Es la propiedad de la mezcla de concreto para mantenerse homogénea en un determinado tiempo. Para su medición se realiza el ensayo de asentamiento o de slump. El ensayo consiste en compactar en 3 capas el concreto fresco en el cono de abrams (25 golpes por capa con una varilla lisa de acero de diámetro 5/8" y largo 60 cm) para luego ser retirado y medir el asentamiento de la mezcla con una wincha.

Los rangos para clasificar al concreto según su asentamiento son los siguientes:

- 0" – 2" Seco
- 3 – 4" Normal
- 4 – 6" Plástico
- 6" > Superplastificante

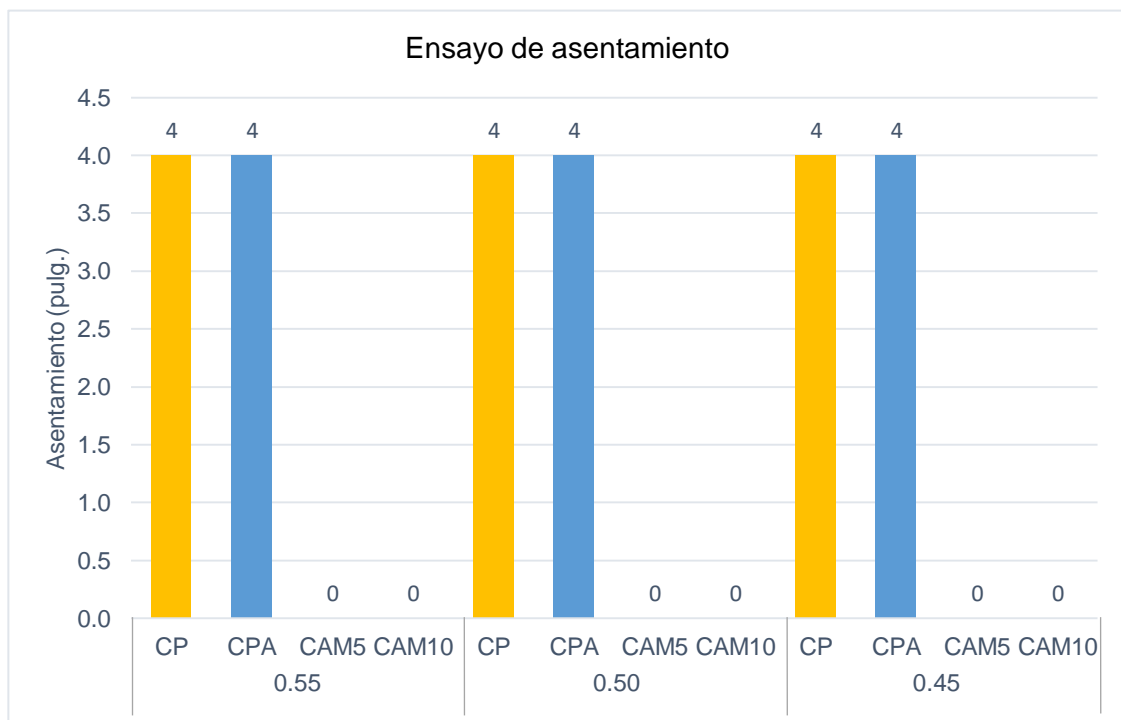
La Consistencia de la mezcla de concreto fresco fue determinado según la NTP 339.035 (2015) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.1 y el Gráfico N° 5.1.

Cuadro N° 5.1 Valores del ensayo de asentamiento

a/c	Diseño de mezcla	Slump (pulg.)
0.55	CP	4
	CPA	4
	CAM5	0
	CAM10	0
0.50	CP	4
	CPA	4
	CAM5	0
	CAM10	0
0.45	CP	4
	CPA	4
	CAM5	0
	CAM10	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.1 Ensayo de asentamiento para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia



### 5.1.1.2 Peso unitario del concreto

Es el peso de la mezcla de concreto en estado fresco de acuerdo a un volumen. Para la realización de este ensayo el cemento y el agua de la mezcla aún no reaccionan o la reacción debe ser insignificante. Para realizar el ensayo se coloca el concreto fresco en un recipiente normado, el cual se debe conocer el volumen y el peso, luego de llenarlo en 3 capas (25 golpes por capa con una varilla lisa de acero de diámetro 5/8" y largo 60 cm) se pesa el total, por último se divide el peso de la mezcla de concreto entre el volumen del recipiente.

Los rangos para clasificar al concreto según su peso unitario son los siguientes:

- Concreto liviano, presenta un peso unitario en el rango de 400 – 1700 kg/m<sup>3</sup>.
- Concreto normal, presenta un peso unitario en el rango de 1700 – 2500 kg/m<sup>3</sup>.
- Concreto pesado, presenta un peso unitario mayor a 2500 kg/m<sup>3</sup>.

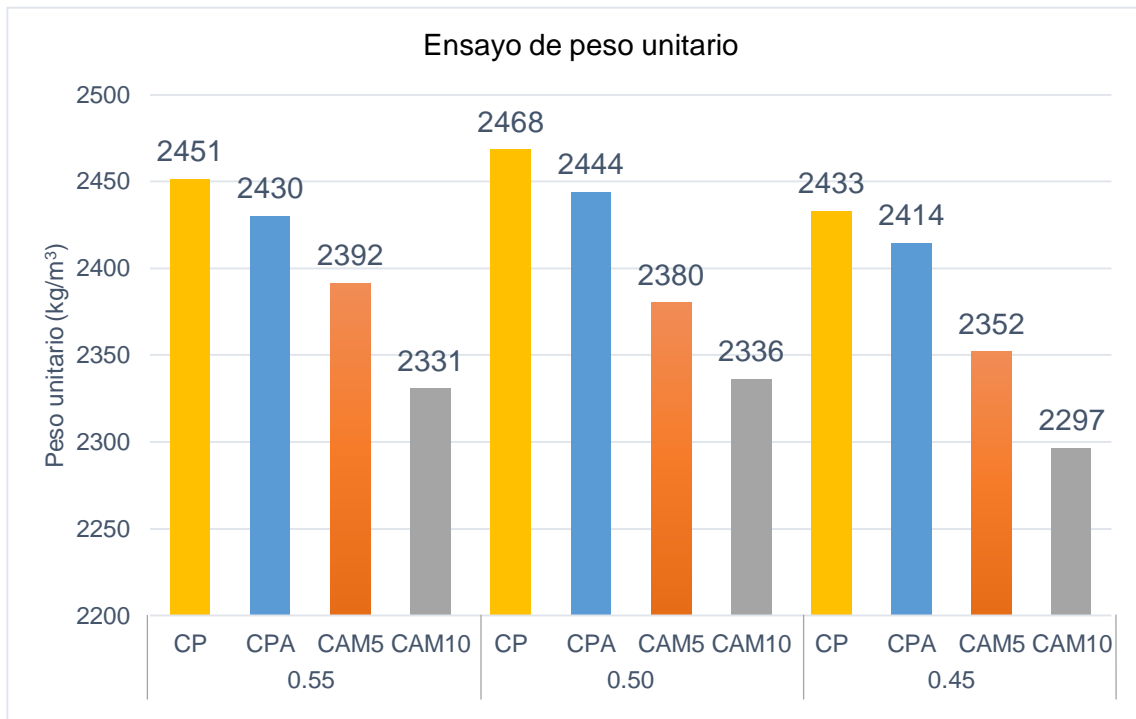
El peso unitario de la mezcla de concreto fresco fue determinado según la NTP 339.046 (2008) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.2 y el Gráfico N° 5.2.

Cuadro N° 5.2 Valores del ensayo de peso unitario

a/c	Diseño de mezcla	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
0.55	CP	2451
	CPA	2430
	CAM5	2392
	CAM10	2331
0.50	CP	2468
	CPA	2444
	CAM5	2380
	CAM10	2336
0.45	CP	2433
	CPA	2414
	CAM5	2352
	CAM10	2297

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.2 Ensayo de peso unitario para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.3 Fluidez

Es la capacidad que tiene la mezcla de concreto en estado fresco para comportarse como un líquido. La mezcla es sometida a la mesa de sacudidas donde se obtiene el índice de consistencia de la mezcla.

El ensayo consiste en colocar el concreto fresco en un tronco de cono el cual se llenará en 2 capas (25 golpes por capa con una varilla lisa de acero de diámetro 5/8" y largo 60 cm), por último se somete a sacudidas con 15 golpes (1 golpe por segundo).

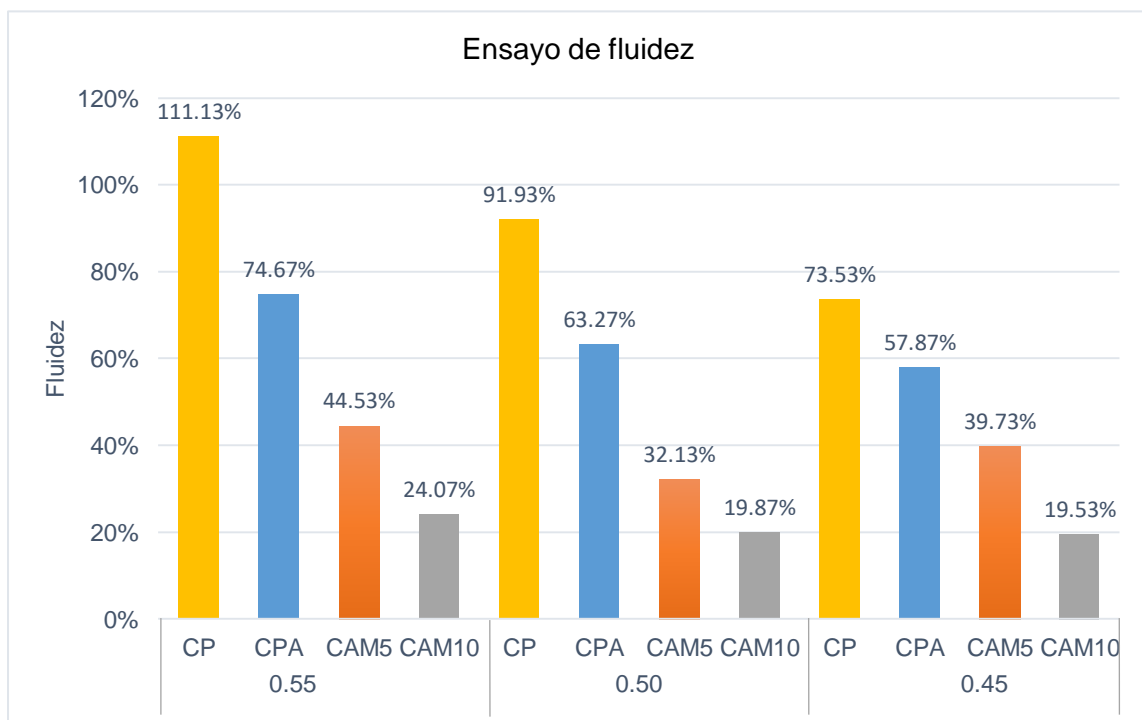
La fluidez de la mezcla de concreto fresco fue determinado según la NTP 339.085 (2016) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.3 y el Gráfico N° 5.3.

Cuadro N° 5.3 Valores del ensayo de fluidez

a/c	Diseño de mezcla	Fluidez (%)
0.55	CP	111.13
	CPA	74.67
	CAM5	44.53
	CAM10	24.07
0.50	CP	91.93
	CPA	63.27
	CAM5	32.13
	CAM10	19.87
0.45	CP	73.53
	CPA	57.87
	CAM5	39.73
	CAM10	19.53

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.3 Ensayo de fluidez para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.1.4 Contenido de aire

En la mezcla de concreto existe aire atrapado el cual puede generarse de dos formas:

- Aire atrapado o aire natural.
- Aire incorporado, el cual fue introducido por temas de diseño o condiciones de obra.

Este aire atrapado contribuye en la disminución de la resistencia y durabilidad del concreto, pero incrementa su permeabilidad.

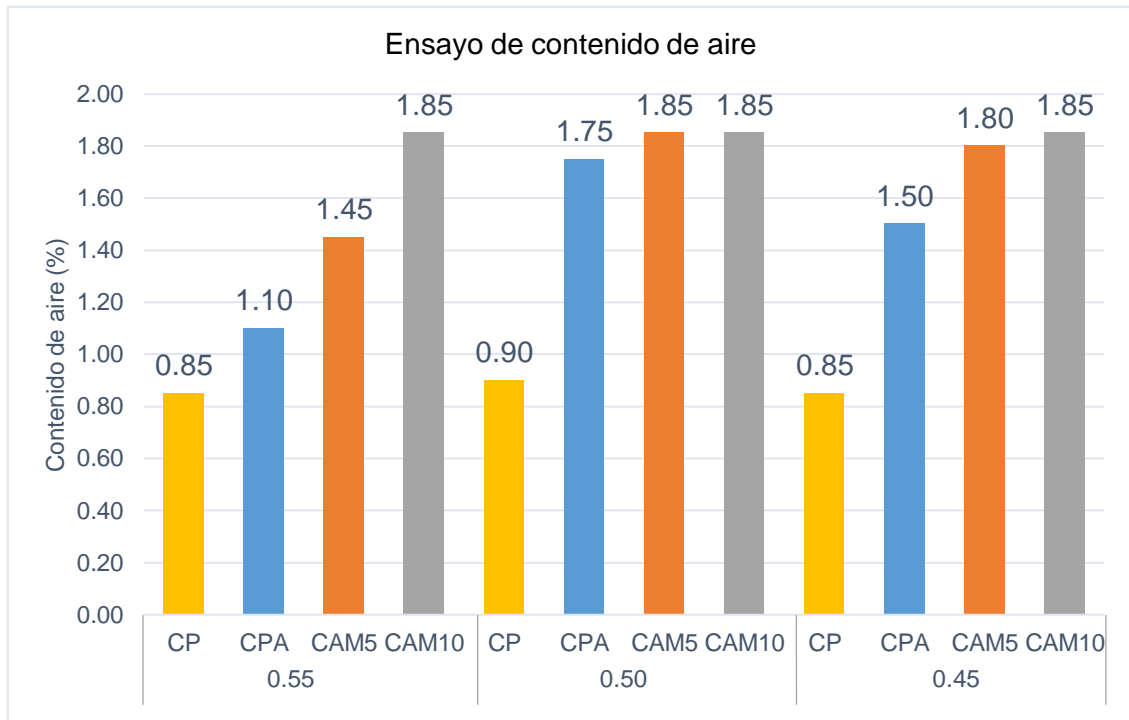
El contenido de aire de la mezcla de concreto fresco fue determinado según la NTP 339.083 (2003) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.4 y el Gráfico N° 5.4.

Cuadro N° 5.4 Valores del ensayo de contenido de aire

a/c	Diseño de mezcla	Porcentaje de aire (%)
0.55	CP	0.85
	CPA	1.10
	CAM5	1.45
	CAM10	1.85
0.50	CP	0.90
	CPA	1.75
	CAM5	1.85
	CAM10	1.85
0.45	CP	0.85
	CPA	1.50
	CAM5	1.80
	CAM10	1.85

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.4 Ensayo de contenido de aire para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.5 Exudación

Es la propiedad en la cual la mezcla de concreto en estado fresco segrega una parte del agua de diseño hacia la superficie. Esto se produce por la sedimentación de los sólidos, cantidad de finos de los agregados y la finura del cemento.

La exudación se halla con las siguientes fórmulas:

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

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

C: Masa de agua en el recipiente de ensayo (g).

W: Masa total de la mezcla (kg).

w: Masa neta del agua en la mezcla (kg).

S: Masa de la muestra (kg).

D: Volumen total de agua de exudación extraída del recipiente de ensayo en  $\text{cm}^3$ , multiplicada por  $1\text{g/cm}^3$ .

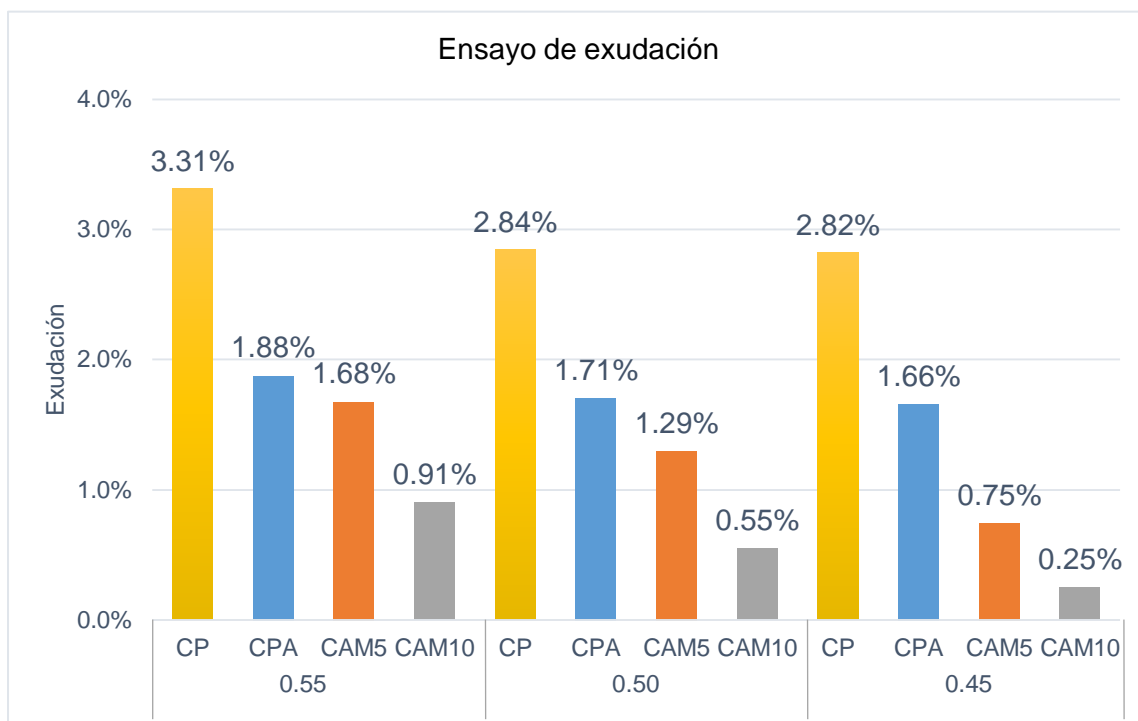
La exudación de la mezcla de concreto fresco fue determinado según la NTP 339.077 (2013) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.5 y el Gráfico N° 5.5.

Cuadro N° 5.5 Valores del ensayo de exudación

a/c	Diseño de mezcla	Exudación (%)
0.55	CP	3.31
	CPA	1.88
	CAM5	1.68
	CAM10	0.91
0.50	CP	2.84
	CPA	1.71
	CAM5	1.29
	CAM10	0.55
0.45	CP	2.82
	CPA	1.66
	CAM5	0.75
	CAM10	0.25

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.5 Ensayo de exudación para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.6 Tiempo de fragua

La mezcla de concreto pasa de un estado plástico a un estado sólido producto de la reacción entre el cemento y el agua. El tiempo que demora para pasar de un estado a otro se denomina tiempo de fragua, el cual está dividido en dos periodos:

- Tiempo de Fragua Inicial (T.F.I.), es el tiempo inicial del periodo en que ocurre un aumento de temperatura y una pérdida inicial de plasticidad en la mezcla. Este periodo inicia cuando la resistencia a la penetración llega a 500 lb/pulg<sup>2</sup>.
- Tiempo de Fragua Final (T.F.F.), es el tiempo en el cual la mezcla de concreto pasa al estado sólido perdiendo así su capacidad de deformarse. Este tiempo es cuando la resistencia a la penetración es de 4000 lb/pulg<sup>2</sup>.

El Tiempo de fragua de la mezcla de concreto fresco fue determinado según la NTP 339.082 (2018) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.6, el Gráfico N° 5.6, el Gráfico N° 5.7 y el Gráfico N° 5.8.

Cuadro N° 5.6 Valores del ensayo de tiempo de fragua

a/c	Diseño de mezcla	Tiempo de fragua Inicial	Tiempo de fragua final
0.55	CP	5 h : 25 m	6 h : 50 m
	CPA	4 h : 40 m	5 h : 52 m
	CAM5	4 h : 19 m	5 h : 42 m
	CAM10	3 h : 55 m	5 h : 12 m
0.50	CP	5 h : 08 m	6 h : 34 m
	CPA	4 h : 31 m	5 h : 51 m
	CAM5	3 h : 51 m	5 h : 05 m
	CAM10	3 h : 50 m	5 h : 05 m
0.45	CP	5 h : 01 m	6 h : 20 m
	CPA	4 h : 30 m	5 h : 47 m
	CAM5	3 h : 26 m	4 h : 33 m
	CAM10	3 h : 32 m	4 h : 41 m

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.6 Ensayo de tiempo de fragua para las mezclas de concreto con relación a/c=0.55

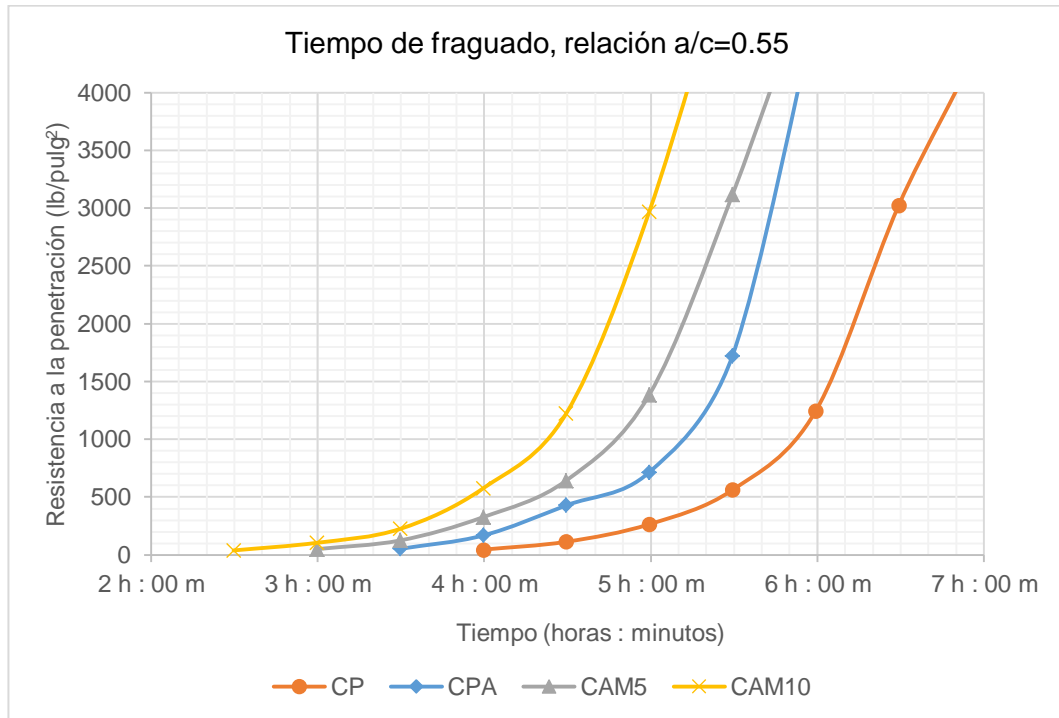


Gráfico N° 5.7 Ensayo de tiempo de fragua para las mezclas de concreto con relación a/c=0.50

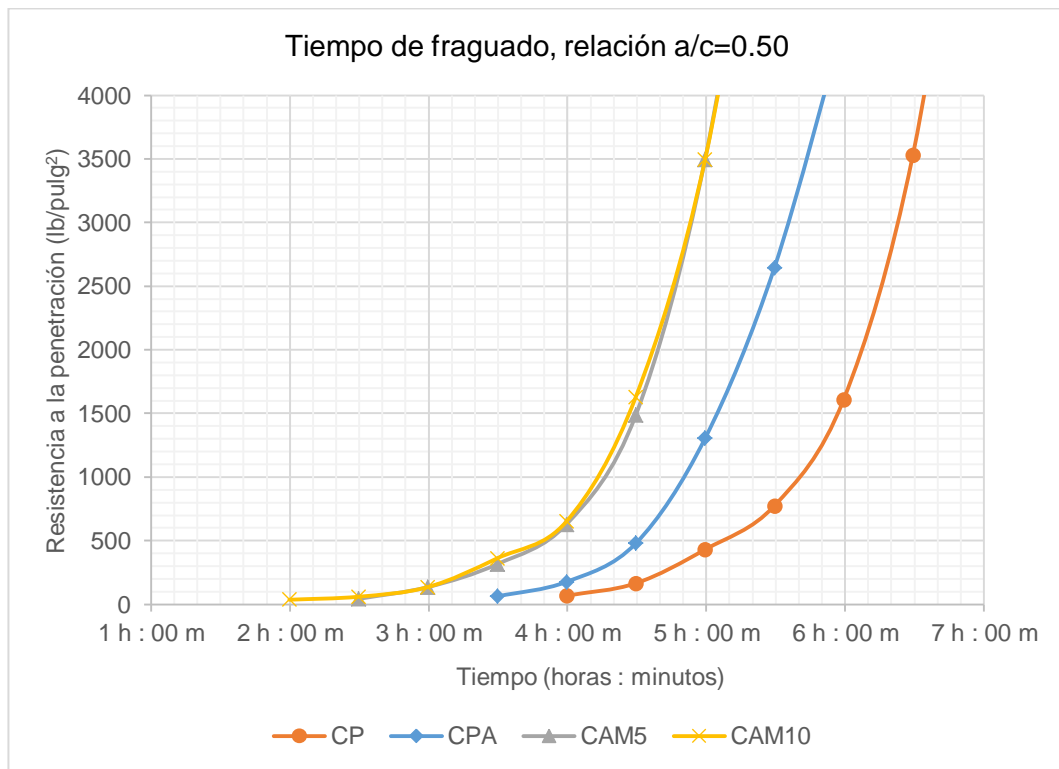
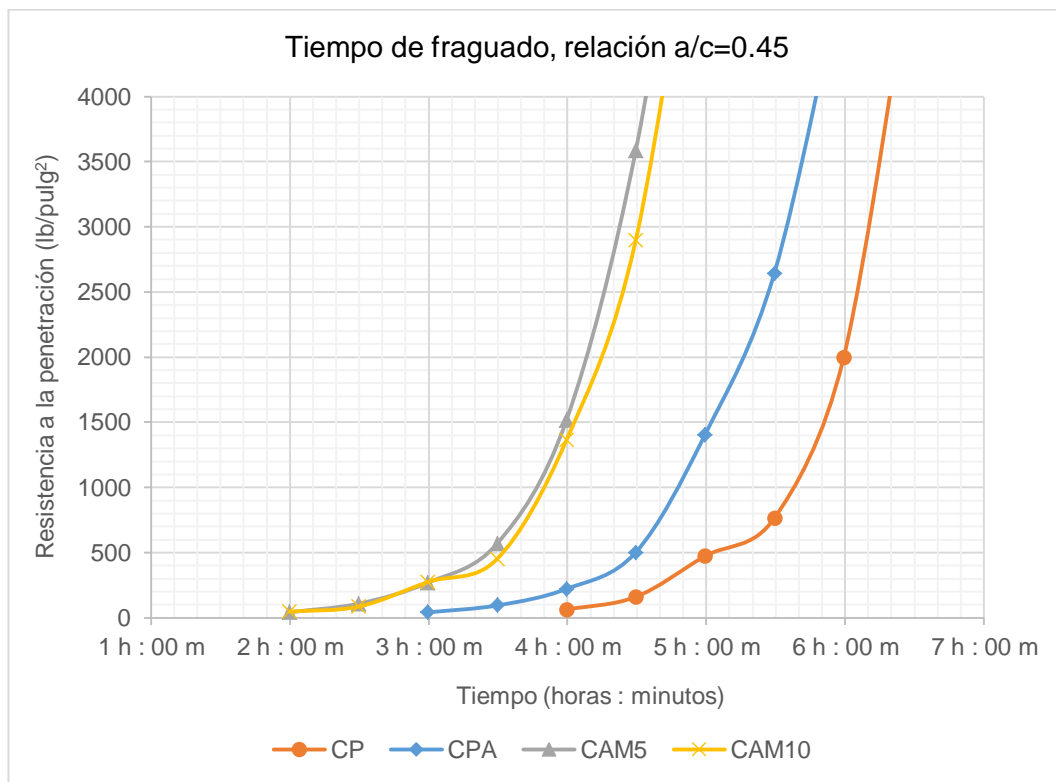




Gráfico N° 5.8 Ensayo de tiempo de fragua para las mezclas de concreto con relación a/c=0.45



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Propiedades del concreto en estado endurecido

#### 5.1.2.1 Resistencia a la compresión

Esta propiedad es un indicador muy importante del concreto, porque sirve para el diseño de elementos estructurales. El ensayo consiste en someter una probeta de concreto a una carga para conseguir el esfuerzo máximo a la compresión que el concreto pueda soportar en la máquina de compresión. Los ensayos de la presente tesis se desarrollaron para probetas de 4" x 8" (10 x 20 cm) sometido a curados bajo el agua los cuales se ensayaron a edades de 1, 7, 28 y 56 días. En los ensayos se utilizaron neoprenos.

En el ensayo se utilizó en general 10 probetas de 10 x 20 cm con edades de 1 día y 7 días por cada diseño, 20 probetas de 10 x 20 cm con edad de 28 días por cada diseño, 10 probetas de 10 x 20 cm con edad de 56 días para el diseño del Concreto Patrón (CP) y Concreto Patrón con Aditivo (CPA), 20 probetas de 10 x 20 cm para la edad de 56 días para el diseño del Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) y Concreto Patrón con Aditivo y

Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10). En el Cuadro N° 5.7 se visualiza la cantidad de probetas empleadas en el ensayo de resistencia a la compresión.

Cuadro N° 5.7 Cantidad de probetas del ensayo de resistencia a la compresión

a/c	Diseño de mezcla	Cantidad de probetas (10 x 20 cm)				Total
		Edad (días)				
		1	7	28	56	
0.55	CP	10	10	22	11	53
	CPA	10	11	21	11	53
	CAM5	11	12	24	22	69
	CAM10	11	12	21	21	65
0.50	CP	10	10	22	11	53
	CPA	11	11	22	11	55
	CAM5	12	12	20	22	66
	CAM10	11	12	21	21	65
0.45	CP	10	10	21	11	52
	CPA	11	11	21	11	54
	CAM5	12	12	23	23	70
	CAM10	11	12	22	23	68
Total		130	135	260	198	723

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de compresión del concreto endurecido fue determinado según la NTP 339.034 (2015) y los valores obtenidos se muestran en el Cuadro N° 5.8. En el Cuadro N° 5.9 se muestra los valores de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con 28 días de curado. La tendencias de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con 28 días de curado se muestra en el Gráfico N° 5.9 (a/c = 0.55), Gráfico N° 5.10 (a/c = 0.50) y Gráfico N° 5.11 (a/c = 0.45). La tendencia de resistencia a la compresión de todas las relaciones agua/cemento (a/c) se muestra en el Gráfico N° 5.12.

Cuadro N° 5.8 Valores del ensayo de resistencia a la compresión

a/c	Diseño de mezcla	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
		Edad (días)			
		1	7	28	56
0.55	CP	73	222	276	278
	CPA	106	250	352	361
	CAM5	168	289	351	406
	CAM10	150	290	345	383
0.50	CP	73	271	358	373
	CPA	126	302	387	392
	CAM5	157	306	383	419
	CAM10	196	317	384	426
0.45	CP	116	283	410	420
	CPA	143	332	445	455
	CAM5	182	329	393	427
	CAM10	207	347	415	433

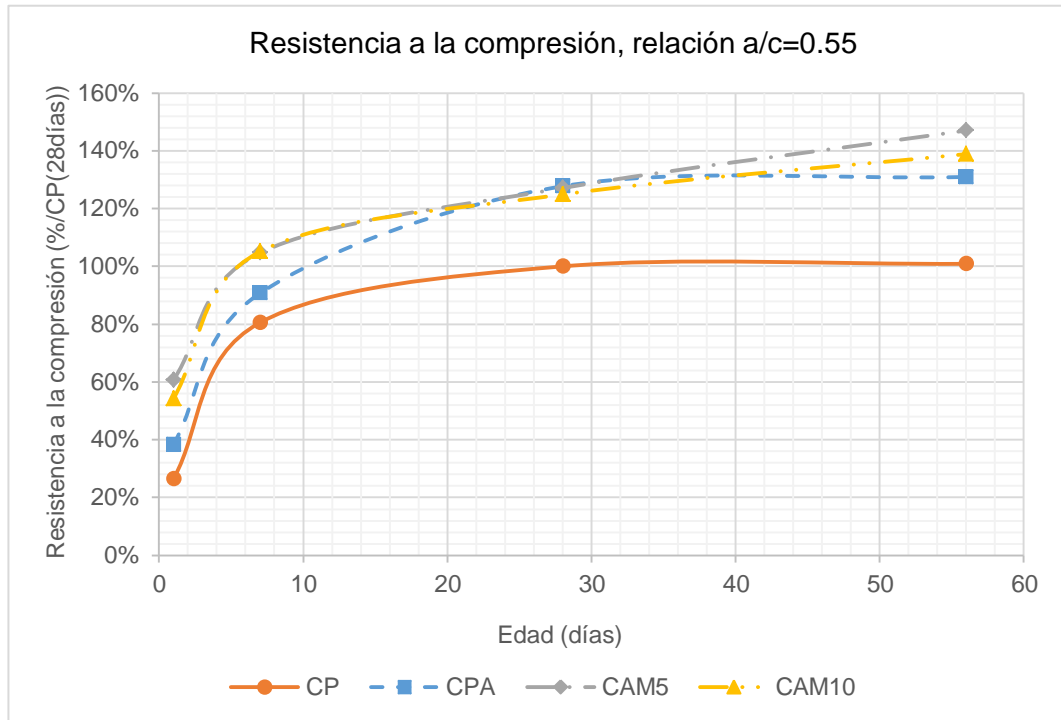
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.9 Valores en porcentaje del ensayo de resistencia a la compresión respecto al Concreto Patrón (CP) a los 28 días de curado

a/c	Diseño de mezcla	Resistencia compresión (%)			
		Edad (días)			
		1	7	28	56
0.55	CP	26.42	80.52	100.00	100.88
	CPA	38.33	90.68	127.72	130.94
	CAM5	60.71	104.63	127.08	147.00
	CAM10	54.25	105.09	124.88	138.85
0.50	CP	20.45	75.88	100.00	104.27
	CPA	35.32	84.43	108.16	109.74
	CAM5	43.88	85.51	107.46	117.19
	CAM10	54.71	88.60	107.46	119.18
0.45	CP	28.30	69.06	100.00	102.35
	CPA	34.80	80.89	108.39	110.76
	CAM5	44.46	80.27	95.78	103.94
	CAM10	50.31	84.59	101.22	105.50

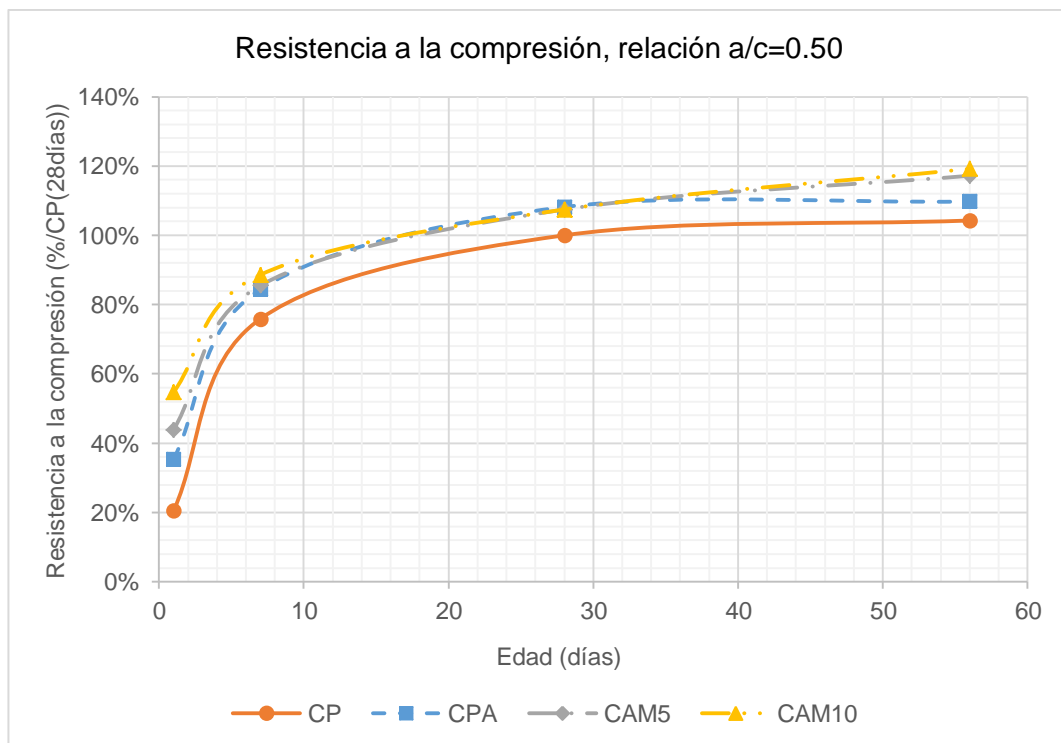
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.9 Ensayo de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con relación a/c=0.55



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.10 Ensayo de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con relación a/c=0.50



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.11 Ensayo de resistencia a la compresión en porcentaje respecto al Concreto Patrón (CP) con relación a/c=0.45

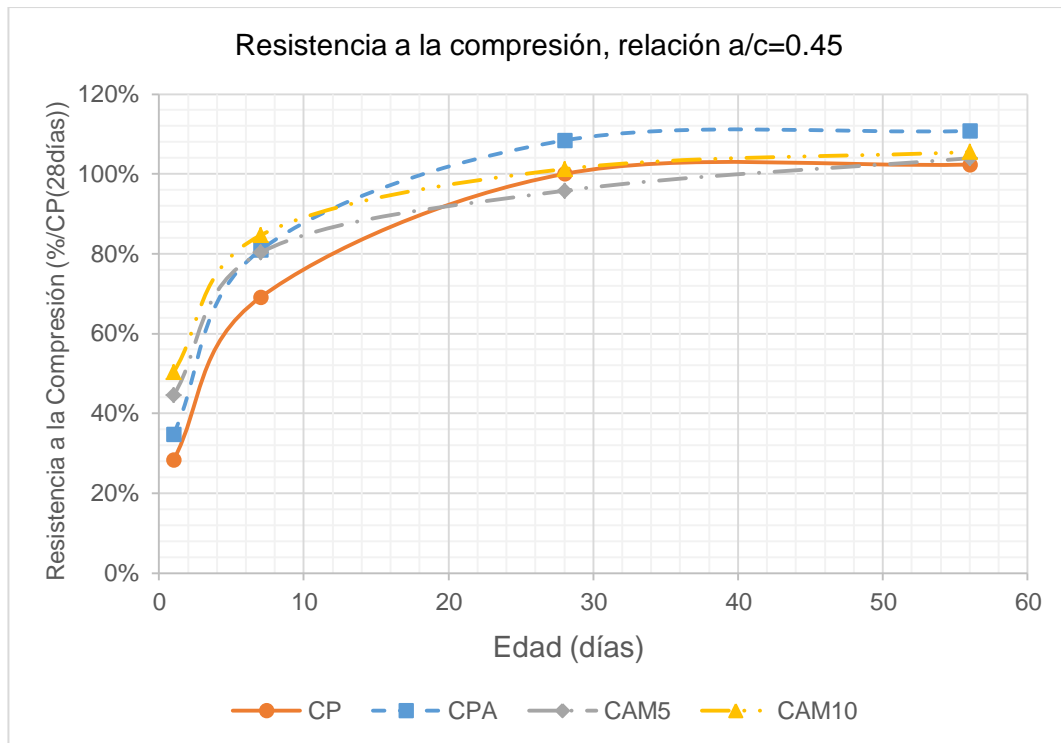
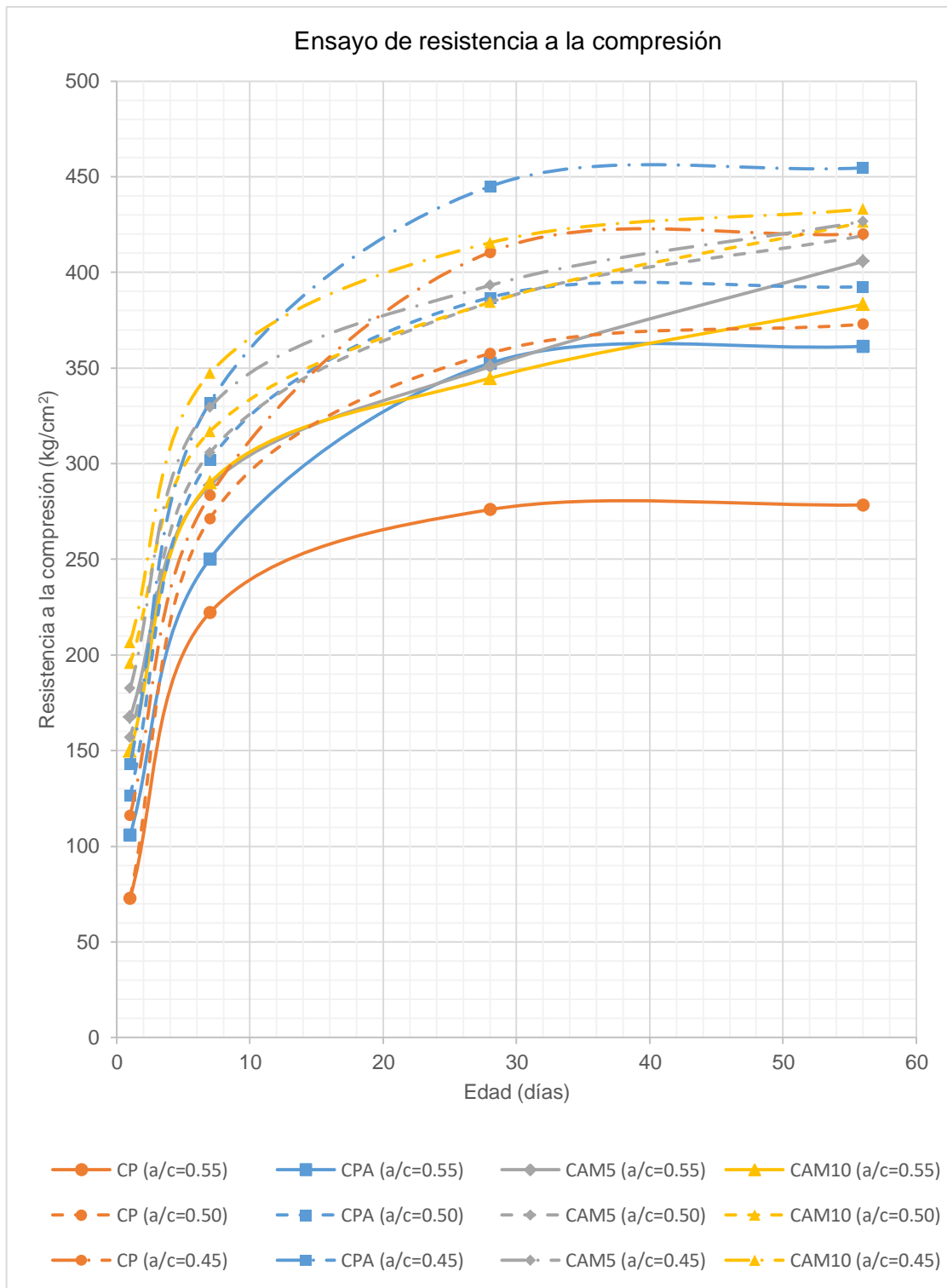


Gráfico N° 5.12 Ensayo de resistencia a la compresión para las mezclas de concreto



### 5.1.2.2 Resistencia a la tracción

Esta propiedad en el concreto es casi insignificante, pero se puede hallar de forma directa e indirecta. En la presente tesis se utilizó la forma indirecta, llamada ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral, que consiste en utilizar probetas las cuales se colocan echadas en la máquina de compresión, luego se utiliza un listón de triplay en la parte superior e inferior de 5 mm de espesor a lo largo de la probeta, por último una vez hecho esto se realiza la compresión de la probeta.

Para hallar la resistencia a la tracción se utiliza la siguiente formula:

$$Q = \frac{2xP}{\pi xDxL}$$

Dónde:

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

P: Carga de rotura (kg).

D: Diámetro de cilindro (cm).

L: Longitud de cilindro (cm).

En general en el ensayo se utilizó 5 probetas de 10 x 20 cm por cada diseño. En el Cuadro N° 5.10 se visualiza la cantidad de probetas empleadas en el ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral.

Cuadro N° 5.10 Cantidad de probetas del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral

a/c	Diseño de mezcla	Cantidad de probetas (10 x 20 cm)
		Edad (28 días)
0.55	CP	5
	CPA	5
	CAM5	5
	CAM10	5
0.50	CP	5
	CPA	5
	CAM5	6
	CAM10	5
0.45	CP	5
	CPA	5
	CAM5	6
	CAM10	5

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral fue determinado según la NTP 339.084 (2017) y los valores obtenidos se muestran en el Cuadro N° 5.11 y el Gráfico N° 5.13.

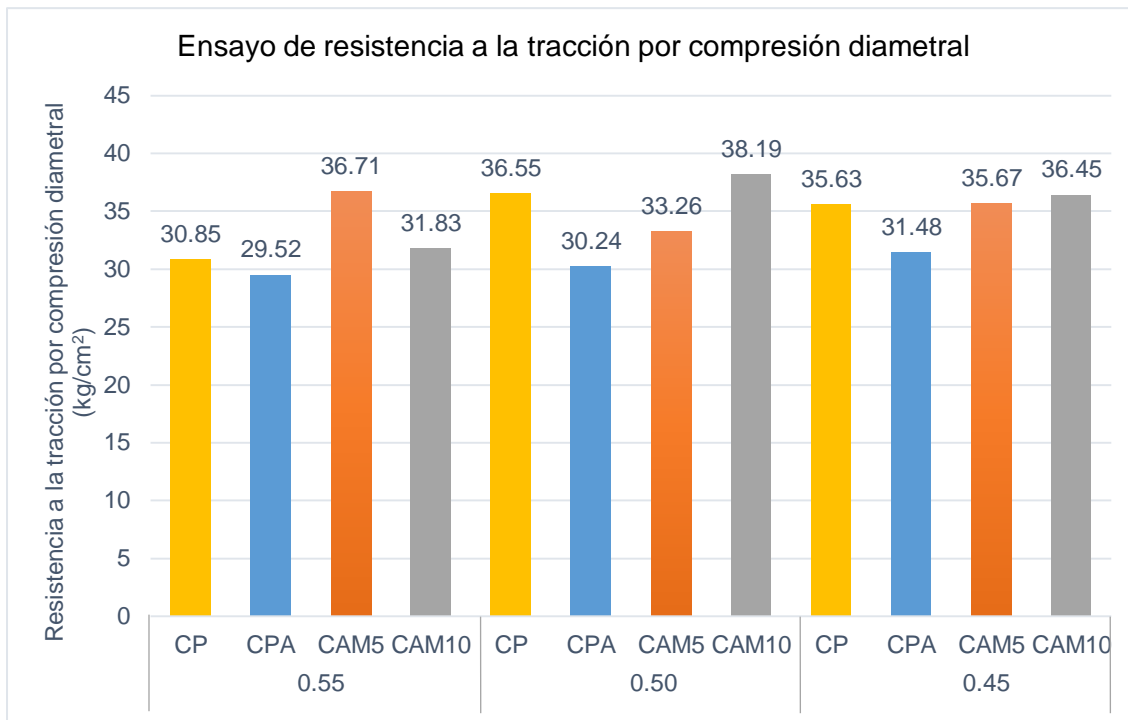
Cuadro N° 5.11 Valores del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral

a/c	Diseño de mezcla	Resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm <sup>2</sup> )
		Edad (28 días)
0.55	CP	30.85
	CPA	29.52
	CAM5	36.71
	CAM10	31.83
0.50	CP	36.55
	CPA	30.24
	CAM5	33.26
	CAM10	38.19
0.45	CP	35.63
	CPA	31.48
	CAM5	35.67
	CAM10	36.45

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 5.13 Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.3 Módulo elástico estático

Esta propiedad relaciona el esfuerzo-deformación conocido como módulo de Young, el ensayo consiste en someter a la probeta a cargas de compresión de tal manera que el concreto no llegue al estado inelástico; por lo tanto, se carga a la probeta hasta el 40% de la carga de rotura. En el estado elástico el concreto presenta una relación esfuerzo – deformación directamente proporcional, esta genera una ecuación lineal donde la pendiente resulta ser el módulo elástico.

Existen dos puntos para definir el módulo de elasticidad:

- El punto en que la deformación del concreto es  $0.5 \times 10^{-4}$  y su esfuerzo correspondiente
- El punto en que el esfuerzo es el 40% de la resistencia a la compresión y su correspondiente deformación

$$M. E. E. = \frac{E_2 - E_1}{(D_2 - 0.5) \times 10^{-4}}$$

Dónde:

$E_2$ : 40% de la resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ ).

$E_1$ : Esfuerzo cuando la deformación es  $0.5 \times 10^{-4}$  ( $\text{kg/cm}^2$ ).

$D_2$ : Deformación unitaria correspondiente a  $E_2$ .

Para la presente tesis se usaron 3 probetas (10 x 20 cm) de prueba por cada diseño para hallar la resistencia a la compresión, dato que se utilizará para saber hasta cuanto se puede cargar las probetas en la máquina de compresión para que el concreto siga estando en el estado elástico. En el ensayo se usaron 3 probetas de 15 x 30 cm para determinar el módulo elástico por cada diseño. En Cuadro N° 5.12 se visualiza la cantidad de probetas empleadas en el ensayo de módulo elástico estático.

Cuadro N° 5.12 Cantidad de probetas del ensayo de módulo elástico estático

a/c	Diseño de mezcla	Cantidad de probetas	
		Edad (56 días)	
		Módulo elástico estático (15 x 30 cm)	Resistencia a la compresión (10 x 20 cm)
0.55	CP	3	3
	CPA	3	3
	CAM5	3	3
	CAM10	3	3
0.50	CP	3	3
	CPA	3	3
	CAM5	3	3
	CAM10	3	3
0.45	CP	3	3
	CPA	3	3
	CAM5	3	3
	CAM10	3	3

Fuente: Elaboración propia

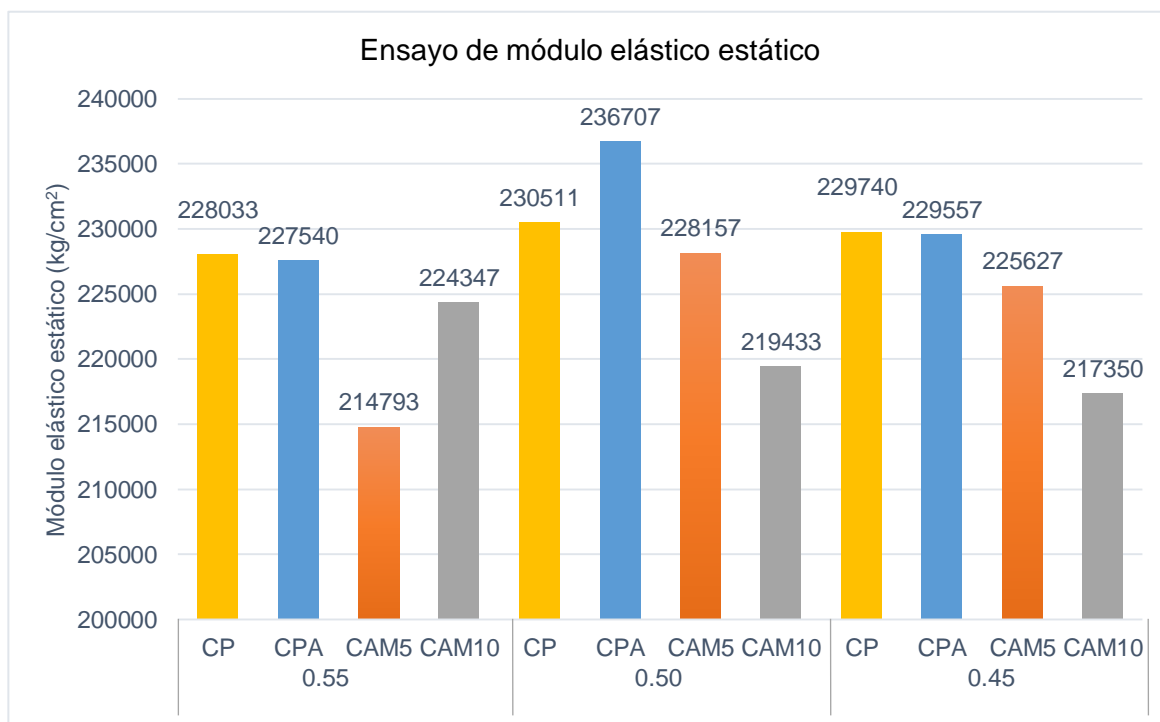
El ensayo de módulo elástico estático fue determinado según la ASTM C469 (2014) y los valores obtenidos se muestra en el Cuadro N° 5.13 y Gráfico N° 5.14.

Cuadro N° 5.13 Valores del ensayo de módulo elástico estático

a/c	Diseño de mezcla	Módulo elástico estático (kg/cm <sup>2</sup> )
		Edad (56 días)
0.55	CP	228033
	CPA	227540
	CAM5	214793
	CAM10	224347
0.50	CP	230511
	CPA	236707
	CAM5	228157
	CAM10	219433
0.45	CP	229740
	CPA	229557
	CAM5	225627
	CAM10	217350

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.14 Ensayo de módulo elástico estático para las mezclas de concreto



Fuente: Elaboración propia

## 5.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 5.2.1 Generalidades

En la presente tesis se utilizó el Micromineral SIO 400, el cual necesitaba investigación de las propiedades que este adiconante mineral podría aportar al concreto de mediana a alta resistencia, en términos generales mejora al concreto patrón en varias de sus propiedades, sin embargo, este adiconante hace al concreto poco trabajable por lo que se recurrió al aditivo plastificante Chemaplast para suplir esta deficiencia.

### 5.2.2 Agregados

En la presente tesis se utilizó agregado fino proveniente de la cantera Trapiche (Lima), este material cumple con la norma NTP 400.037 (2018) en la mayoría de requisitos, excepto en el porcentaje de finos que pasa la malla N° 200 teniendo como resultado 7.38% el cual es mayor que el 5% indicado en la norma. Esto provocaría un aumento del requerimiento de agua en la mezcla de concreto, lo cual no se percibió, porque para el Concreto Patrón (CP) y Concreto Patrón con Aditivo (CPA) se buscó un asentamiento de 4"; por lo tanto, la trabajabilidad no fue afectada, en cuanto a los valores de resistencia, el objetivo de la presente tesis es estudiar como el Micromineral SIO 400 afecta al concreto, por lo tanto se estudia su comportamiento y no lo valores máximos con el que se puede llegar a obtener.

Se utilizó agregado grueso proveniente de la cantera Huachipa (Carapongo), este material cumple con la normal NTP 400.037 (2018) garantizando la calidad del agregado en la mezcla de concreto.

### 5.2.3 Micromineral SIO 400

El Micromineral SIO 400 presenta un peso específico de  $2.28 \text{ g/cm}^3$  el cual está dentro del rango de la microsílíce con  $2.2 - 2.5 \text{ g/cm}^3$ . Se realizó un análisis químico al aditivo Micromineral SIO 400 obteniendo como resultado una concentración de 83.81% de  $\text{SiO}_2$  el cual es menor al 90% para catalogarse como microsílíce, además se verificó que no hay presencia de carbón libre en el aditivo, por eso el color blanco y no el color gris característico de la microsílíce dada por este componente, también se debe mencionar que el tamaño de la partícula promedio es  $1.83 \mu\text{m}$ , cuando el promedio de la microsílíce ronda en

0.1 - 0.2  $\mu\text{m}$ , por último hay que tomar en cuenta que la muestra de Micromineral SIO 400 es altamente amorfa, pero su morfología es irregular de tipo hojuelas (flakes) rectangulares las cuales se diferencia de la forma esférica que presenta las partículas de la microsílíce.

#### 5.2.4 Propiedades del concreto en estado fresco

##### 5.2.4.1 Consistencia

En la presente tesis se buscó que el Concreto Patrón (CP) y el Concreto Patrón con Aditivo (CPA) tenga un asentamiento de 4", porque el objetivo era saber, como el Micromineral SIO 400 afecta en el asentamiento, obteniéndose resultados de 0" en todas las relaciones agua/cemento (a/c), en otras palabras se obtuvo un concreto seco. Esto nos demuestra que el Micromineral SIO 400 absorbe mucha agua cuando está en contacto con la mezcla volviéndola poca trabajable.

##### 5.2.4.2 Peso unitario

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP) tiene más peso unitario que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA), el CPA tiene más peso unitario que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) y el CAM5 tiene más peso unitario que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10). Por lo tanto, existe una disminución del peso unitario cuando se coloca el aditivo plastificante Chemaplast en el Concreto Patrón (CP) en todas las relaciones agua/cemento (a/c), una disminución del peso unitario del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) cuando se le coloca el Micromineral SIO 400 en todas las relaciones agua/cemento (a/c) y una tendencia inversa que se da con el peso unitario y las concentraciones de Micromineral SIO 400. En todos los diseños se obtuvieron concretos normales de acuerdo a la clasificación del peso unitario.

##### 5.2.4.3 Fluidez

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP) tiene más fluidez que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA), el CPA tiene más fluidez que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) y el CAM5 tiene más fluidez que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10). Por lo tanto, existe una disminución de la fluidez cuando se

coloca el aditivo plastificante Chemaplast en el Concreto Patrón (CP) en todas las relaciones agua/cemento (a/c), una disminución de la fluidez del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) cuando se le coloca el Micromineral SIO 400 en todas las relaciones agua/cemento (a/c) y una tendencia inversa que se da con la fluidez y las concentraciones de Micromineral SIO 400. Estos resultados demuestran que el Micromineral SIO 400 hace la mezcla menos fluida, porque absorbe mucha agua al contacto con la mezcla.

#### 5.2.4.4 Contenido de aire

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP) tiene menos contenido de aire que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA), el CPA tiene menos contenido de aire que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) y en la mayoría de diseños el CAM5 tiene menos contenido de aire que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10). Por lo tanto, existe un aumento del contenido de aire cuando se coloca el aditivo plastificante Chemaplast en el Concreto Patrón (CP) en todas las relaciones agua/cemento (a/c), un aumento del contenido de aire del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) cuando se le coloca el Micromineral SIO 400 en todas las relaciones agua/cemento (a/c) y una tendencia directa que se da con el contenido de aire y las concentraciones de Micromineral SIO 400, excepto en la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50 donde los dos valores son iguales a 1.85% a pesar de que se aumente la cantidad de Micromineral SIO 400. El rango de contenido de aire en general para todas las relaciones agua/cemento (a/c) fluctúa entre 0.85% a 1.85%; por esta razón, hay diseños que no concuerdan con el ACI 211 (2009) para agregados de TMN igual a 1" que debería presentar 1.5% de contenido de aire. En el caso de los diseños con aditivo plastificante Chemaplast estos aumentan su contenido de aire, porque contienen lignosulfonatos los cuales son agentes incorporadores de aire. Hay que precisar que solo en el diseño CPA con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50 se obtiene un valor de 1.75%, siendo mayor a 1.5% de contenido de aire de acuerdo ACI 211 (2009). Los diseños que presentan Micromineral SIO 400, excepto en el CAM5 con la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55, son mayores a 1.5% del contenido de aire y esto se debe, porque el Micromineral SIO 400 presenta una muy alta superficie específica en sus partículas, esto contribuye en el aumento del contenido de aire.

#### 5.2.4.5 Exudación

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP) tiene más exudación que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA), el CPA tiene más exudación que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) y el CAM5 tiene más exudación que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10). Por lo tanto, existe una reducción de la exudación cuando se coloca el aditivo plastificante Chemaplast en el Concreto Patrón (CP) en todas las relaciones agua/cemento (a/c), una reducción de la exudación del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) cuando se le coloca el Micromineral SIO 400 en todas las relaciones agua/cemento (a/c) y una tendencia inversa entre la exudación y las concentraciones de Micromineral SIO 400. El rango de la exudación en general para todas las relaciones agua/cemento (a/c) fluctúa entre 3.31% a 0.25%. Los diseños con aditivo plastificante Chemaplast presentan una reducción de la exudación, debido a la reducción de la cantidad de agua en el diseño final del Concreto Patrón (CP) para lograr un asentamiento de 4". Los diseños que presentan el Micromineral SIO 400 reducen la exudación respecto a los diseños CPA, porque el Micromineral SIO 400 presenta una alta superficie específica en sus partículas; por esta razón, demanda mucha agua para ser humedecidas y esto provoca que no haya suficiente agua libre para la segregación.

#### 5.2.4.6 Tiempo de fragua

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP) tiene más tiempo inicial y final de fragua que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA), el CPA tiene más tiempo inicial y final de fragua que el Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral SIO 400 al 5% y 10% (CAM5 y CAM10). Por lo tanto, existe una reducción del tiempo inicial y final de fragua cuando se coloca el aditivo plastificante Chemaplast en el Concreto Patrón (CP) en todas las relaciones agua/cemento (a/c) y una reducción del tiempo de inicial y final de fragua del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) cuando se le coloca el Micromineral SIO 400 en todas las relaciones agua/cemento (a/c). El tiempo de fragua máximo se obtuvo con el diseño CP con relación a/c igual a 0.55 con un tiempo de fragua inicial de 5 h : 25 m y un tiempo de fragua final de 6 h : 50 m. El tiempo de fragua mínimo se obtuvo con el diseño CAM5 con relación a/c igual a 0.45 con un tiempo de fragua inicial de 3 h : 26 m y un tiempo de fragua final de 4 h : 33 m.

## 5.2.5 Propiedades del concreto en estado endurecido

### 5.2.5.1 Resistencia a la compresión

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA) tiene más resistencia a la compresión que el Concreto Patrón (CP) en todas las edades y relaciones agua/cemento (a/c). A la edad de 1 día la resistencia a la compresión del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% (CAM5 y CAM10) son mayores que los diseños CPA en todas las relaciones agua/cemento (a/c). A la edad de 7 días la resistencia a la compresión del CAM5 Y CAM10 son mayores que los diseños CPA en las relaciones agua/cemento (a/c) igual a 0.55 y 0.50, sin embargo, en la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45 el CAM10 es mayor que el CPA, el CPA mayor que CAM5 y el CAM5 mayor que el CP. A la edad de 28 días la resistencia a la compresión del CPA es mayor que los diseños del CAM5 Y CAM10 en todas las relaciones agua/cemento (a/c), también se debe mencionar que la resistencia a la compresión del CAM5 y CAM10 son mayores que el CP en las relaciones agua/cemento (a/c) igual a 0.55 y 0.5, sin embargo, en la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45 el CPA es mayor que el CAM10, el CAM10 es mayor que CP y el CP mayor que el CAM5. A la edad de 56 días la resistencia a la compresión del CAM5 Y CAM10 son mayores que los diseños CP en todas las relaciones agua/cemento (a/c), además la resistencia a la compresión del CAM5 y CAM10 son mayores que el CPA en las relaciones agua/cemento (a/c) igual a 0.55 y 0.5, sin embargo, en la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45 el CPA es mayor que el CAM10, el CAM10 es mayor que CAM5 y el CAM5 mayor que el CP. Las máximas resistencias a la compresión que se alcanzó fue con la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45 a la edad de 56 días en el siguiente orden: CPA con  $455 \text{ kg/cm}^2$ , CAM10 con  $433 \text{ kg/cm}^2$ , CAM5 con  $427 \text{ kg/cm}^2$  y CP con  $420 \text{ kg/cm}^2$ , además su relación porcentual respecto al CP con una relación agua/cemento (a/c) de 0.45 y un curado de 28 días se presenta en el siguiente orden: CPA con 110.76%, CAM10 con 105.50%, CAM5 con 103.94%, CP con 102.35%. Los máximos aumentos porcentuales de resistencias a la compresión que se alcanzó fue con la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55 a la edad de 56 días respecto al CP con una relación agua/cemento (a/c) de 0.55 y un curado de 28 días en el siguiente orden: CAM5 con 147.00%, CAM10 con 138.85%, CPA con 130.94%, CP con 100.88%, además se muestra su resistencia a la



compresión en el siguiente orden: CAM5 con 406 kg/cm<sup>2</sup>, CAM10 con 383 kg/cm<sup>2</sup>, CPA con 361 kg/cm<sup>2</sup> y CP con 278 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 5.2.5.2 Resistencia a la tracción

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP), Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% (CAM5 y CAM10) tienen más resistencia a la tracción que el Concreto Patrón con Aditivo (CPA) en todas las relaciones agua/cemento (a/c). Los diseños CAM5 y CAM10 tienen más resistencia a la tracción que el CP en todas las relaciones agua/cemento (a/c), excepto en la 0.50 donde el CP es mayor que el CAM5. El diseño CAM10 tiene más resistencia a la tracción que el CAM5 en todas las relaciones agua/cemento (a/c), excepto en la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55. La máxima resistencia a la tracción que se alcanzó fue con la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50 a la edad de 28 días en el siguiente orden: CAM10 con 38.19 kg/cm<sup>2</sup>, CP con 36.55 kg/cm<sup>2</sup>, CAM5 con 33.26 kg/cm<sup>2</sup> y CPA con 31.48 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 5.2.5.3 Módulo elástico estático

En los resultados se pueden observar que el Concreto Patrón (CP) y el Concreto Patrón con Aditivo (CPA) tienen más módulo elástico que el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% (CAM5 y CAM10) en todas las relaciones agua/cemento (a/c). El diseño CPA tiene menos módulo elástico que el CP en todas las relaciones agua/cemento (a/c), excepto en la 0.50. El diseño CAM10 tiene menos módulo elástico que el CAM5 en todas las relaciones agua/cemento (a/c), excepto en la 0.55. El máximo módulo elástico que se alcanzó fue con la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50 a la edad de 28 días en el siguiente orden: CPA con 236707 kg/cm<sup>2</sup>, CP con 230511 kg/cm<sup>2</sup>, CAM5 con 228157 kg/cm<sup>2</sup> y CAM10 con 219433 kg/cm<sup>2</sup>.

### 5.3 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costo se realizó para  $1\text{m}^3$  de concreto, además no se toma en cuenta el impuesto IGV en el costo de los materiales. Los materiales que se usaron en los distintos diseños de mezcla son los siguientes:

- Cemento Sol tipo I
- Agua de grifo
- Agregado grueso de la cantera Huachipa-Carapongo
- Agregado fino de la cantera Trapiche
- Aditivo plastificante Chemaplast
- Micromineral SIO 400

La cantidad equivalente está de acuerdo a las unidades de compra, las cuales son las siguientes:

- Cemento en bolsas de cemento de 42.5 kg
- El agua en metros cúbicos
- La arena en metros cúbicos
- La piedra en metros cúbicos
- El aditivo plastificante Chemaplast en galones
- El Micromineral SIO 400 en bolsas de 20 kg.

El costo de  $1\text{m}^3$  de concreto de los distintos diseños se observa en el Cuadro N° 5.14 (CP y  $a/c = 0.55$ ), Cuadro N° 5.15 (CPA y  $a/c = 0.55$ ), Cuadro N° 5.16 (CAM5 y  $a/c = 0.55$ ), Cuadro N° 5.17 (CAM10 y  $a/c = 0.55$ ), Cuadro N° 5.18 (CP y  $a/c = 0.50$ ), Cuadro N° 5.19 (CPA y  $a/c = 0.50$ ), Cuadro N° 5.20 (CAM5 y  $a/c = 0.50$ ), Cuadro N° 5.21 (CAM10 y  $a/c = 0.50$ ), Cuadro N° 5.22 (CP y  $a/c = 0.45$ ), Cuadro N° 5.23 (CPA y  $a/c = 0.45$ ), Cuadro N° 5.24 (CAM5 y  $a/c = 0.45$ ) y Cuadro N° 5.25 (CAM10 y  $a/c = 0.45$ ). Los valores de Beneficio/Costo se muestran en el Cuadro N° 5.26 (1 día de curado), Cuadro N° 5.27 (7 días de curado), Cuadro N° 5.28 (28 días de curado) y Cuadro N° 5.29 (56 días de curado). Los valores de resistencia a la compresión y costo de  $1\text{m}^3$  de concreto de los distintos diseños se muestran en el Gráfico N° 5.15. La tendencia de Beneficio/Costo se muestra el Gráfico N° 5.16.

Cuadro N° 5.14 Costo del Concreto Patrón (CP) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CP (a/c=0.55)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	476.00	0.15	11.20 bls	18.45	206.64
Agua	261.80	0.26	0.26 m <sup>3</sup>	5.75	1.50
Arena	685.11	0.257	0.26 m <sup>3</sup>	41.00	10.54
Piedra	835.43	0.315	0.32 m <sup>3</sup>	49.20	15.50
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Sumatoria	2258.355	1.000	-	-	234.17

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.15 Costo del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CPA (a/c=0.55)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	476.00	0.15	11.20 bls	18.45	206.64
Agua	240.91	0.24	0.24 m <sup>3</sup>	5.75	1.39
Arena	708.47	0.266	0.27 m <sup>3</sup>	41.00	10.91
Piedra	863.91	0.325	0.33 m <sup>3</sup>	49.20	16.01
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	1.666	0.001	0.37 gal	30.34	11.13
Sumatoria	2290.970	1.000	-	-	246.08

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.16 Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5)  
con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CAM5 (a/c=0.55)				
	Peso Seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	476.00	0.15	11.20 bls	18.45	206.64
Agua	240.91	0.24	0.24 m <sup>3</sup>	5.75	1.39
Arena	695.97	0.262	0.26 m <sup>3</sup>	41.00	10.72
Piedra	848.67	0.320	0.32 m <sup>3</sup>	49.20	15.73
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	1.666	0.001	0.37 gal	30.34	11.13
Micromineral	23.800	0.010	1.19 bls	32.80	39.03
Sumatoria	2287.026	1.000	-	-	284.63

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.17 Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10)  
con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CAM10 (a/c=0.55)				
	Peso Seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	476.00	0.15	11.20 bls	18.45	206.64
Agua	240.91	0.24	0.24 m <sup>3</sup>	5.75	1.39
Arena	683.46	0.257	0.26 m <sup>3</sup>	41.00	10.53
Piedra	833.43	0.314	0.31 m <sup>3</sup>	49.20	15.44
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	1.666	0.001	0.37 gal	30.34	11.13
Micromineral	47.600	0.021	2.38 bls	32.80	78.06
Sumatoria	2283.081	1.000	-	-	323.19

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.18 Costo del Concreto Patrón (CP) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CP (a/c=0.50)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio Parcial (soles)
Cemento	510.34	0.16	12.01 bls	18.45	221.55
Agua	255.17	0.26	0.26 m <sup>3</sup>	5.75	1.50
Arena	679.99	0.256	0.26 m <sup>3</sup>	41.00	10.50
Piedra	829.20	0.312	0.31 m <sup>3</sup>	49.20	15.35
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Sumatoria	2274.715	1.000	-	-	248.89

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.19 Costo del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CPA (a/c=0.50)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	510.34	0.16	12.01 bls	18.45	221.55
Agua	233.28	0.23	0.23 m <sup>3</sup>	5.75	1.34
Arena	704.43	0.265	0.26 m <sup>3</sup>	41.00	10.85
Piedra	858.99	0.324	0.32 m <sup>3</sup>	49.20	15.92
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	1.786	0.001	0.39 gal	30.34	11.93
Sumatoria	2308.842	1.000	-	-	261.59

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.20 Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5)  
con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CAM5 (a/c=0.50)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	510.34	0.16	12.01 bls	18.45	221.55
Agua	233.28	0.23	0.23 m <sup>3</sup>	5.75	1.34
Arena	691.03	0.260	0.26 m <sup>3</sup>	41.00	10.65
Piedra	842.65	0.317	0.32 m <sup>3</sup>	49.20	15.61
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	1.786	0.001	0.39 gal	30.34	11.93
Micromineral	25.517	0.011	1.28 bls	32.80	41.85
Sumatoria	2304.613	1.000	-	-	302.93

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.21 Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10)  
con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CAM10 (a/c=0.50)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	510.34	0.16	12.01 bls	18.45	221.55
Agua	233.28	0.23	0.23 m <sup>3</sup>	5.75	1.34
Arena	677.63	0.255	0.25 m <sup>3</sup>	41.00	10.44
Piedra	826.31	0.311	0.31 m <sup>3</sup>	49.20	15.31
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	1.786	0.001	0.39 gal	30.34	11.93
Micromineral	51.034	0.022	2.55 bls	32.80	83.70
Sumatoria	2300.384	1.000	-	-	344.27

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.22 Costo del Concreto Patrón (CP) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CP (a/c=0.45)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	605.78	0.19	14.25 bls	18.45	262.98
Agua	272.60	0.27	0.27 m <sup>3</sup>	5.75	1.57
Arena	622.84	0.234	0.23 m <sup>3</sup>	41.00	9.60
Piedra	759.50	0.286	0.29 m <sup>3</sup>	49.20	14.07
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Sumatoria	2260.728	1.000	-	-	288.22

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.23 Costo del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CPA (a/c=0.45)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	605.78	0.19	14.25 bls	18.45	262.98
Agua	255.51	0.26	0.26 m <sup>3</sup>	5.75	1.47
Arena	641.19	0.241	0.24 m <sup>3</sup>	41.00	9.88
Piedra	781.88	0.294	0.29 m <sup>3</sup>	49.20	14.49
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	2.120	0.002	0.47 gal	30.34	14.16
Sumatoria	2286.489	1.000	-	-	302.98

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.24 Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5)  
con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CAM5 (a/c=0.45)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	605.78	0.19	14.25 bls	18.45	262.98
Agua	255.51	0.26	0.26 m <sup>3</sup>	5.75	1.47
Arena	625.28	0.235	0.23 m <sup>3</sup>	41.00	9.63
Piedra	762.48	0.287	0.29 m <sup>3</sup>	49.20	14.13
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	2.120	0.002	0.47 gal	30.34	14.16
Micromineral	30.289	0.013	1.51 bls	32.80	49.67
Sumatoria	2281.469	1.000	-	-	352.05

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.25 Costo del Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10)  
con relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto del CAM10 (a/c=0.45)				
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Cantidad equivalente	Costo unitario (soles)	Precio parcial (soles)
Cemento	605.78	0.19	14.25 bls	18.45	262.98
Agua	255.51	0.26	0.26 m <sup>3</sup>	5.75	1.47
Arena	609.37	0.229	0.23 m <sup>3</sup>	41.00	9.39
Piedra	743.08	0.280	0.28 m <sup>3</sup>	49.20	13.77
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-
Aditivo	2.120	0.002	0.47 gal	30.34	14.16
Micromineral	60.578	0.027	3.03 bls	32.80	99.35
Sumatoria	2276.449	1.000	-	-	401.11

Fuente: Elaboración propia



Cuadro N° 5.26 Valores de resistencia a la compresión a 1 día de curado y costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla

a/c	Diseño de mezcla	Costo	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	resistencia/costo (kg/cm <sup>2</sup> )/soles
			Edad (1 día)	
0.55	CP	234	73	0.31
	CPA	246	106	0.43
	CAM5	285	168	0.59
	CAM10	323	150	0.46
0.50	CP	249	73	0.29
	CPA	262	126	0.48
	CAM5	303	157	0.52
	CAM10	344	196	0.57
0.45	CP	288	116	0.40
	CPA	303	143	0.47
	CAM5	352	182	0.52
	CAM10	401	207	0.51

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.27 Valores de resistencia a la compresión a los 7 días de curado y costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla

a/c	Diseño de mezcla	Costo	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia/costo ((kg/cm <sup>2</sup> )/soles)
			Edad (7 días)	
0.55	CP	234	222	0.95
	CPA	246	250	1.02
	CAM5	285	289	1.01
	CAM10	323	290	0.90
0.50	CP	249	271	1.09
	CPA	262	302	1.15
	CAM5	303	306	1.01
	CAM10	344	317	0.92
0.45	CP	288	283	0.98
	CPA	303	332	1.10
	CAM5	352	329	0.94
	CAM10	401	347	0.87

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.28 Valores de resistencia a la compresión a los 28 días de curado y costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla

a/c	Diseño de mezcla	Costo	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia/costo ((kg/cm <sup>2</sup> )/soles)
			Edad (28 días)	
0.55	CP	234	276	1.18
	CPA	246	352	1.43
	CAM5	285	351	1.23
	CAM10	323	345	1.07
0.50	CP	249	358	1.44
	CPA	262	387	1.48
	CAM5	303	384	1.27
	CAM10	344	384	1.12
0.45	CP	288	410	1.42
	CPA	303	445	1.47
	CAM5	352	393	1.12
	CAM10	401	415	1.04

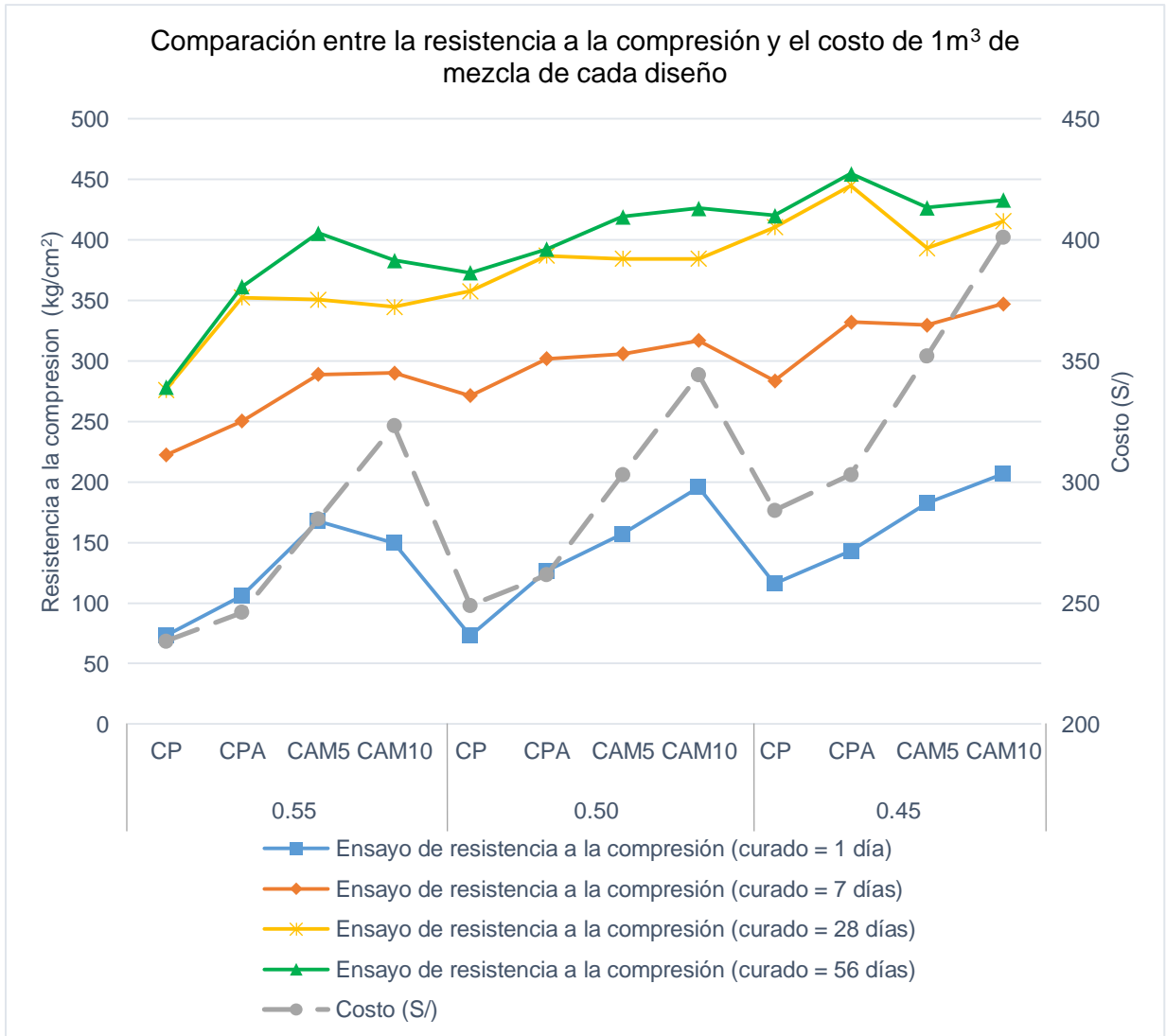
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5.29 Valores de resistencia a la compresión a los 56 días de curado y costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto de cada diseño de mezcla

a/c	Diseño de mezcla	Costo	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia/costo ((kg/cm <sup>2</sup> )/soles)
			Edad (56 días)	
0.55	CP	234	278	1.19
	CPA	246	361	1.47
	CAM5	285	406	1.43
	CAM10	323	383	1.19
0.50	CP	249	373	1.50
	CPA	262	392	1.50
	CAM5	303	419	1.38
	CAM10	344	426	1.24
0.45	CP	288	420	1.46
	CPA	303	455	1.50
	CAM5	352	427	1.21
	CAM10	401	433	1.08

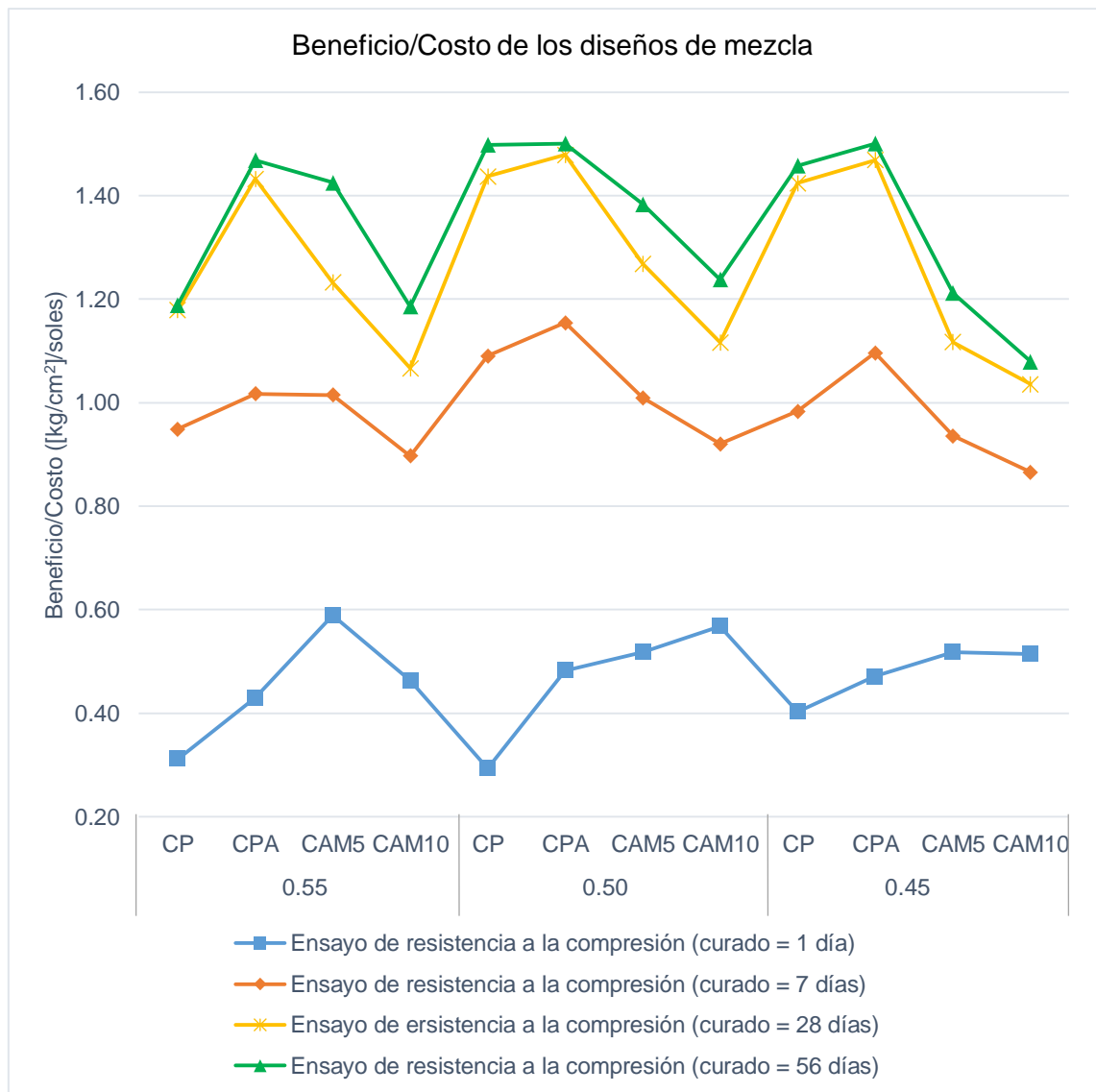
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.15 Resistencia a la compresión y costo de 1m<sup>3</sup> de concreto para los distintos diseños de mezcla



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5.16 Beneficio/Costo para los diseños de mezcla



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La presente tesis estudió el comportamiento en estado fresco y endurecido del concreto de mediana a alta resistencia para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45. Los materiales utilizados en el concreto son: Agregado fino de la cantera Trapiche, agregado grueso de la cantera Huachipa – Carapongo, Cemento Portland Tipo I (Cemento Sol), agua potable, aditivo plastificante Chemaplast (Concentración de 0.35% del peso de cemento) y Micromineral SIO 400 (Concentraciones de 5% y 10% del peso de cemento). Las propiedades ensayadas en los diseños del Concreto Patrón (CP), Concreto Patrón con Aditivo (CPA), Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) y Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) en el estado fresco son los siguientes: Asentamiento, peso unitario, fluidez, contenido de aire, exudación y tiempo de fragua; y en el estado grueso son los siguientes: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por compresión diametral y módulo elástico estático. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de costos para comparar la resistencia a la compresión y el costo del diseño.

A continuación se muestra las conclusiones obtenidas de la presente tesis:

1. El agregado grueso y fino por separado o en conjunto como un agregado global cumple con las características físicas necesarias para la preparación del concreto con una relación arena/piedra (A/P) de 45%/55% en el concreto para las relaciones agua/cemento (a/c) iguales a 0.55, 0.50 y 0.45.
2. El concreto con aditivo plastificante Chemaplast al 0.35% del peso de cemento presenta una reducción de la cantidad de agua en un 8.6%.
3. La partícula del Micromineral SIO 400 es 5 - 10 veces más pequeña que una partícula de cemento.
4. Para las propiedades en estado fresco del Concreto Patrón con concentraciones de Micromineral SIO 400 al 5% y 10% del peso de cemento y aditivo plastificante Chemaplast al 0.35% del peso de cemento se concluye lo siguiente:
  - Ensayo de asentamiento: Existe una reducción del asentamiento para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando un valor igual a 0" en el Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10%, además el asentamiento del Concreto Patrón y Concreto Patrón con Aditivo se mantuvo en 4" en los distintos diseños.

- Ensayo de peso unitario: Existe una tendencia a la reducción del peso unitario para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto al Concreto Patrón:
  - o El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 99%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 94%-98%.
- Ensayo de fluidez: Existe una tendencia a la reducción de la fluidez para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto al Concreto Patrón:
  - o El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 67%-79%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% alcanza un 35%-54%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% alcanza un 22%-27%.
- Ensayo de contenido de aire: Existe una tendencia al incremento del contenido de aire para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto al Concreto Patrón:
  - o El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 129%-194%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 171%-218%.
- Ensayo de exudación: Existe una tendencia a la reducción de la exudación para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto al Concreto Patrón:
  - o El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 57%-60%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% alcanza un 26%-51%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 10% alcanza un 9%-27%.
- Ensayo de tiempo de fragua: Existe una tendencia a la reducción en el tiempo de fragua inicial para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto al Concreto Patrón:
  - o El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 86%-90%.
  - o El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 68%-80%.

Existe una tendencia a la reducción en el tiempo de fragua final para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto al Concreto Patrón:

- El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 86%-91%.
  - El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 72%-83%.
5. Para las propiedades en estado endurecido del concreto con concentraciones de Micromineral SIO 400 al 5% y 10% del peso de cemento y aditivo plastificante Chemaplast al 0.35% del peso de cemento se concluye lo siguiente:
- Ensayo de resistencia a la compresión: Existe una tendencia al incremento de la resistencia a la compresión en probetas ensayadas a 1 día para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto a las probetas del Concreto Patrón ensayadas a los 28 días:
    - El Concreto Patrón alcanza un 20%-28%.
    - El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 35%-38%.
    - El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 44%-61%.

Existe una tendencia al incremento de la resistencia a la compresión en probetas ensayadas a los 7 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto a las probetas del Concreto Patrón ensayadas a los 28 días:

- El Concreto Patrón alcanza un 69%-81%.
- El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 81%-91%.
- El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 80%-105%.

Existe una tendencia al incremento de la resistencia a la compresión en probetas ensayadas a los 28 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto a las probetas del Concreto Patrón ensayadas a los 28 días:

- El Concreto Patrón alcanza un 100%.
- El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 108%-128%.

- El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 96%-127%.

Existe una tendencia al incremento de la resistencia a la compresión en probetas ensayadas a los 56 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto a las probetas del Concreto Patrón ensayadas a los 28 días:

- El Concreto Patrón alcanza un 101%-104%.
- El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 110%-131%.
- El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 104%-147%.

- Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral: Existe una tendencia a la reducción de la resistencia a la tracción en probetas ensayadas a 28 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando el siguiente resultado respecto a las probetas del Concreto Patrón:

- El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 83%-96%.

Existe una tendencia al incremento de la resistencia a la tracción en probetas ensayadas a 28 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto a las probetas del Concreto Patrón:

- El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 91%-119%.

- Ensayo de módulo elástico estático: Existe una tendencia al incremento en el módulo elástico estático en probetas ensayadas a 56 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando el siguiente resultado respecto a las probetas del Concreto Patrón:

- El Concreto Patrón con Aditivo alcanza un 100%-103%.

Existe una tendencia a la reducción en el módulo elástico estático en probetas ensayadas a 56 días para las relaciones a/c iguales a 0.55, 0.50 y 0.45, alcanzando los siguientes resultados respecto a las probetas del Concreto Patrón:

- El Concreto Patrón con Aditivo más Micromineral SIO 400 al 5% y 10% alcanza un 94%-99%.



6. Analizando el Beneficio/Costo del concreto con Micromineral SIO 400 el porcentaje más rentable es cuando se adiciona 5% del peso del cemento.
7. A menor relación agua/cemento (a/c) se reduce el Beneficio/Costo del concreto con Micromineral SIO 400.
8. El concreto con Micromineral SIO 400 y aditivo plastificante Chemaplast presenta buenos resultados en las propiedades en estado fresco y endurecido (Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción) mostrando la factibilidad de su uso en conjunto en el concreto.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el Micromineral SIO 400 como una buena alternativa por sus resultados favorables y menor costo.
2. El Micromineral SIO 400 absorbe más agua en la mezcla de concreto volviéndola poco trabajable; por lo tanto, se recomienda el uso de algún aditivo plastificante en el concreto con Micromineral SIO 400.
3. Se recomienda realizar una mejor molienda del Micromineral SIO 400 para mejorar sus propiedades, porque el tamaño mínimo de sus partículas es  $0.04 \mu\text{m}$  y su promedio es  $1.83 \mu\text{m}$ ; por lo tanto, las partículas pueden ser más pequeñas.
4. Se recomienda investigar la permeabilidad del concreto con Micromineral SIO 400.
5. Se recomienda usar el Micromineral SIO 400 en la mezcla de concreto para lograr mediana a altas resistencias en edades tardías para relaciones agua/cemento (a/c) mayores o iguales a 0.50.
6. Se recomienda usar el Micromineral SIO 400 en la mezcla de concreto para lograr mediana a altas resistencias en edades tempranas para relaciones agua/cemento (a/c) mayores o iguales a 0.45.
7. Se recomienda para las buenas prácticas de salud y seguridad que la manipulación del Micromineral SIO 400 sea con una mascarilla antipolvos finos, guantes y lentes protectores.
8. Se recomienda que los ensayos de concreto en estado fresco en mezclas con la misma relación agua/cemento (a/c) se realice en un mismo día.
9. Se recomienda investigar el concreto con Micromineral SIO 400 para edades de curado de 90, 120 y 150 días.
10. Se recomienda investigar el concreto con Micromineral SIO 400 con otros tipos de cemento como los cementos portland tipo II, tipo V, tipo IP, etc.
11. Se recomienda investigar el comportamiento del concreto con Micromineral SIO 400 utilizando algún tipo aditivo superplastificante.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Arévalo Villacorta Lucio, "Influencia de la microsíllice en el concreto". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 2001.
2. Cachay Huaman Rafael, "Diseño de Mezclas - Método de Agregado Global y Módulo de Finura, para concreto de mediana a alta resistencia". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 1995.
3. Cementos Lima S.A., "Productos: Cemento Portland tipo I (Cemento Sol)". Lima, Perú, 2005.
4. Chem Masters del Perú S.A., "Hoja Técnica: Chemaplast". Edición N°2, Lima, Perú, 2017.
5. Gomero Cervantes Berta Wendy, "Aditivos y adiciones minerales para el concreto". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 2006.
6. Huincho Salvatierra Edher, "Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsíllice y nanosíllice con cemento portland tipo I". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 2011.
7. Lezama Leiva José Lázara, "Estudio de la influencia del aditivo Chema Plast en la resistencia a la compresión del concreto usando cemento pacasmayo Tipo I y cemento Inka". Tesis de Título profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2014.
8. Medina Medina José Julián, "Estudio de las fases amorfas y nanocristalinas del sistema Fe<sub>2</sub>Zr obtenidas por técnicas de mecano síntesis". Tesis de Título profesional, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2010.
9. Mena Carmona José, "Variación en las características de fluidez en mezclas de concreto mediante la modificación de aditivo y agua para la obtención de un concreto autocompactable". Proyecto de Investigación, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2004.

10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Manual de Ensayo de Materiales". Edición N°2, Lima, Perú, 2016.
11. Morales Alfaro Mary Patricia, "Investigación del concreto de alta resistencia: Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de 550 -1200 kg/cm<sup>2</sup>". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 2000.
12. Riva López Enrique, "Naturaleza y materiales del concreto", ACI Capítulo peruano, Lima, Perú, 2000.
13. Sika Perú S.A.C., "Hoja técnica: Adición mineral - Microsílice Sika ® Fume", Edición N°7, Lima, Perú, 2014.
14. Sika Perú S.A.C., "Hoja técnica: Plastificante Sika ® Cem", Edición N°3, Lima, Perú, 2014.
15. Tejada Silva Marco Antonio, "Influencia de la microsílice y el aditivo superplastificante en el concreto de alta resistencia". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 2016.
16. Vilca Aranda Patricia Amarilis, "Obtención del concreto de alta resistencia". Tesis de Título profesional, FIC, UNI, Lima, Perú, 2008.

**ANEXOS****ANEXO CUADROS**

	<b>Pág.</b>	
Cuadro N° A.1	Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	151
Cuadro N° A.2	Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino	151
Cuadro N° A.3	Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso	152
Cuadro N° A.4	Cálculo del peso específico del agregado fino	152
Cuadro N° A.5	Cálculo del contenido de humedad en el agregado grueso	153
Cuadro N° A.6	Cálculo del contenido de humedad en el agregado fino	153
Cuadro N° A.7	Granulometría del agregado grueso	154
Cuadro N° A.8	Granulometría del agregado fino	154
Cuadro N° A.9	Resultados del peso unitario compactado de la combinación de los agregados	156
Cuadro N° A.10	Porcentajes de arena y piedra para el método de compacidad y resistencia	157
Cuadro N° A.11	Granulometría del agregado global	158
Cuadro N° A.12	Resumen de las propiedades de los agregados	159
Cuadro N° B.1	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55	160
Cuadro N° B.2	Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 con 240 litros de agua de diseño	160

Cuadro N° B.3	Diseño de mezcla para la relación $a/c= 0.55$ con 255 litros de agua de diseño	161
Cuadro N° B.4	Diseño de mezcla para la relación $a/c= 0.55$ con 265 litros de agua de diseño	161
Cuadro N° B.5	Valores de litros de agua y slump para la relación $a/c= 0.55$	161
Cuadro N° B.6	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.50	162
Cuadro N° B.7	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.50$ con 245 litros de agua de diseño	162
Cuadro N° B.8	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.50$ con 250 litros de agua de diseño	163
Cuadro N° B.9	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.50$ con 260 litros de agua de diseño	163
Cuadro N° B.10	Valores de litros de agua y slump para la relación $a/c=0.50$	163
Cuadro N° B.11	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.45	164
Cuadro N° B.12	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.45$ con 240 litros de agua de diseño	164
Cuadro N° B.13	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.45$ con 255 litros de agua de diseño	165
Cuadro N° B.14	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.45$ con 265 litros de agua de diseño	165
Cuadro N° B.15	Valores de litros de agua y slump para la relación $a/c=0.45$	165

Cuadro N° B.16	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55	166
Cuadro N° B.17	Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 42%/58% con 261.80 litros de agua de diseño	167
Cuadro N° B.18	Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 45%/55% con 261.80 litros de agua de diseño	167
Cuadro N° B.19	Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 48%/52% con 261.80 litros de agua de diseño	168
Cuadro N° B.20	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 42%/58% con 261.80 litros de agua de diseño	168
Cuadro N° B.21	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 45%/55% con 261.80 litros de agua de diseño	169
Cuadro N° B.22	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 48%/52% con 261.80 litros de agua de diseño	169
Cuadro N° B.23	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50	169
Cuadro N° B.24	Diseño de mezcla para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 42%/58% con 255.17 litros de agua de diseño	170
Cuadro N° B.25	Diseño de mezcla para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 45%/55% con 255.17 litros de agua de diseño	170

Cuadro N° B.26	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.50$ y arena/piedra igual a 48%/52% con 255.17 litros de agua de diseño	171
Cuadro N° B.27	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación $a/c=0.50$ y arena/piedra igual a 42%/58% con 255.17 litros de agua de diseño	171
Cuadro N° B.28	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación $a/c=0.50$ y arena/piedra igual a 45%/55% con 255.17 litros de agua de diseño	171
Cuadro N° B.29	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación $a/c=0.50$ y arena/piedra igual a 48%/52% con 255.17 litros de agua de diseño	172
Cuadro N° B.30	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.45	172
Cuadro N° B.31	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.45$ y arena/piedra igual a 42%/58% con 272.60 litros de agua de diseño	172
Cuadro N° B.32	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.45$ y arena/piedra igual a 45%/55% con 272.60 litros de agua de diseño	173
Cuadro N° B.33	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.45$ y arena/piedra igual a 48%/52% con 272.60 litros de agua de diseño	173
Cuadro N° B.34	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación $a/c=0.45$ y arena/piedra igual a 42%/58% con 272.60 litros de agua de diseño	174
Cuadro N° B.35	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación $a/c=0.45$ y arena/piedra igual a 45%/55% con 272.60 litros de agua de diseño	174



Cuadro N° B.36	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación $a/c=0.45$ y arena/piedra igual a 48%/52% con 272.60 litros de agua de diseño	174
Cuadro N° B.37	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado	175
Cuadro N° B.38	Diseño final de la mezcla de concreto patrón con relación $a/c=0.55$ , relación de %arena/%piedra igual a 45%/55% y agua de diseño 261.80 litros para $1\text{m}^3$ de concreto	179
Cuadro N° B.39	Diseño final de la mezcla de concreto patrón con relación $a/c=0.50$ , relación de %arena/%piedra igual a 45%/55% y agua de diseño 255.17 litros para $1\text{m}^3$ de concreto	179
Cuadro N° B.40	Diseño final de la mezcla de concreto patrón con relación $a/c=0.45$ , relación de %arena/%piedra igual a 45%/55% y agua de diseño 272.60 litros para $1\text{m}^3$ de concreto	180
Cuadro N° B.41	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.70	180
Cuadro N° B.42	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 220 litros de agua de diseño	181
Cuadro N° B.43	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 240 litros de agua de diseño	181
Cuadro N° B.44	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 250 litros de agua de diseño	181
Cuadro N° B.45	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.70	182
Cuadro N° B.46	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 250 litros de agua de diseño, 0.3% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua	183

Cuadro N° B.47	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 250 litros de agua de diseño, 0.35% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua	183
Cuadro N° B.48	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 250 litros de agua de diseño, 0.41% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua	184
Cuadro N° B.49	Diseño de mezcla para la relación $a/c=0.70$ con 250 litros de agua de diseño, 0.5% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua	184
Cuadro N° B.50	Valores slump obtenido de los porcentajes de aditivo de un concreto con una relación $a/c=0.70$ y una reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño	185
Cuadro N° B.51	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.55	186
Cuadro N° B.52	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.55$ con 6% de reducción de agua	186
Cuadro N° B.53	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.55$ con 7% de reducción de agua	187
Cuadro N° B.54	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.55$ con 8% de reducción de agua	187
Cuadro N° B.55	Valores de reducción de agua y slump para la relación $a/c=0.55$	188
Cuadro N° B.56	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.50	188
Cuadro N° B.57	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.50$ con 7% de reducción de agua	189

Cuadro N° B.58	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.50$ con 8% de reducción de agua	189
Cuadro N° B.59	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.45$ con 9% de reducción de agua	190
Cuadro N° B.60	Valores de reducción de agua y slump para la relación $a/c=0.50$	190
Cuadro N° B.61	Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.45	191
Cuadro N° B.62	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.45$ con 5% de reducción de agua	191
Cuadro N° B.63	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.45$ con 6% de reducción de agua	192
Cuadro N° B.64	Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación $a/c=0.45$ con 7% de reducción de agua	192
Cuadro N° B.65	Valores de reducción de agua y slump para la relación $a/c=0.45$	192
Cuadro N° B.66	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación $a/c=0.55$ , porcentaje de aditivo igual a 0.35% y una reducción de agua de 7.98% para $1\text{m}^3$ de concreto	193
Cuadro N° B.67	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación $a/c=0.50$ , porcentaje de aditivo igual a 0.35% y una reducción de agua de 8.58% para $1\text{m}^3$ de concreto	194
Cuadro N° B.68	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación $a/c=0.45$ , porcentaje de aditivo igual a 0.35% y	

	una reducción de agua de 6.27% para 1m <sup>3</sup> de concreto	194
Cuadro N° B.69	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 5% (CAM5) con relación a/c=0.55 para 1m <sup>3</sup> de concreto	195
Cuadro N° B.70	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 5% (CAM5) con relación a/c=0.50 para 1m <sup>3</sup> de concreto	195
Cuadro N° B.71	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 5% (CAM5) con relación a/c=0.45 para 1m <sup>3</sup> de concreto	196
Cuadro N° B.72	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 10% (CAM10) con relación a/c=0.55 para 1m <sup>3</sup> de concreto	196
Cuadro N° B.73	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 10% (CAM10) con relación a/c=0.50 para 1m <sup>3</sup> de concreto	197
Cuadro N° B.74	Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 10% (CAM10) con relación a/c=0.45 para 1m <sup>3</sup> de concreto	197
Cuadro N° C.1	Valores del ensayo de asentamiento	198
Cuadro N° C.2	Valores del ensayo de peso unitario del concreto	199
Cuadro N° C.3	Valores del ensayo de fluidez	200
Cuadro N° C.4	Valores del ensayo de contenido de aire	201
Cuadro N° C.5	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.55	202
Cuadro N° C.6	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.55	202

Cuadro N° C.7	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CPA y relación $a/c=0.55$	203
Cuadro N° C.8	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CPA y relación $a/c=0.55$	203
Cuadro N° C.9	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.55$	204
Cuadro N° C.10	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.55$	204
Cuadro N° C.11	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.55$	205
Cuadro N° C.12	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.55$	205
Cuadro N° C.13	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CP y relación $a/c=0.50$	206
Cuadro N° C.14	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CP y relación $a/c=0.50$	206
Cuadro N° C.15	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CPA y relación $a/c=0.50$	207
Cuadro N° C.16	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CPA y relación $a/c=0.50$	207
Cuadro N° C.17	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.50$	208
Cuadro N° C.18	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.50$	208
Cuadro N° C.19	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.50$	209
Cuadro N° C.20	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.50$	209

Cuadro N° C.21	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CP y relación $a/c=0.45$	210
Cuadro N° C.22	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CP y relación $a/c=0.45$	210
Cuadro N° C.23	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CPA y relación $a/c=0.45$	211
Cuadro N° C.24	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CPA y relación $a/c=0.45$	211
Cuadro N° C.25	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.45$	212
Cuadro N° C.26	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.45$	212
Cuadro N° C.27	Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.45$	213
Cuadro N° C.28	Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.45$	213
Cuadro N° C.29	Valores del ensayo de exudación	214
Cuadro N° C.30	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.55$	215
Cuadro N° C.31	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.55$	215
Cuadro N° C.32	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.55$	216
Cuadro N° C.33	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.55$	216
Cuadro N° C.34	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.55$	217
Cuadro N° C.35	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.55$	217

Cuadro N° C.36	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.55$	218
Cuadro N° C.37	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.55$	218
Cuadro N° C.38	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.50$	219
Cuadro N° C.39	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.50$	219
Cuadro N° C.40	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.50$	220
Cuadro N° C.41	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.50$	220
Cuadro N° C.42	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.50$	221
Cuadro N° C.43	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.50$	221
Cuadro N° C.44	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.50$	222
Cuadro N° C.45	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.50$	222
Cuadro N° C.46	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.45$	223
Cuadro N° C.47	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.45$	223
Cuadro N° C.48	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.45$	224
Cuadro N° C.49	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.45$	224

Cuadro N° C.50	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.45$	225
Cuadro N° C.51	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.45$	225
Cuadro N° C.52	Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.45$	226
Cuadro N° C.53	Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.45$	226
Cuadro N° C.54	Valores del ensayo de tiempo de fragua	227
Cuadro N° D.1	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 1 día de curado	229
Cuadro N° D.2	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 7 días de curado	229
Cuadro N° D.3	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	230
Cuadro N° D.4	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	231
Cuadro N° D.5	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 1 día de curado	231
Cuadro N° D.6	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 7 días de curado	232
Cuadro N° D.7	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	232
Cuadro N° D.8	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	233
Cuadro N° D.9	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 1 día de curado	233
Cuadro N° D.10	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 7 días de curado	234



Cuadro N° D.11	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	234
Cuadro N° D.12	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	235
Cuadro N° D.13	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 1 día de curado	235
Cuadro N° D.14	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 7 días de curado	236
Cuadro N° D.15	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	236
Cuadro N° D.16	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	237
Cuadro N° D.17	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 1 día de curado	237
Cuadro N° D.18	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 7 días de curado	238
Cuadro N° D.19	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	238
Cuadro N° D.20	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	239
Cuadro N° D.21	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 1 día de curado	240
Cuadro N° D.22	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 7 días de curado	240
Cuadro N° D.23	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	241
Cuadro N° D.24	Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	241

Cuadro N° D.25	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 1 día de curado	242
Cuadro N° D.26	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 7 días de curado	242
Cuadro N° D.27	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	243
Cuadro N° D.28	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	244
Cuadro N° D.29	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 1 día de curado	244
Cuadro N° D.30	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 7 días de curado	245
Cuadro N° D.31	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	245
Cuadro N° D.32	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	246
Cuadro N° D.33	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 1 día de curado	247
Cuadro N° D.34	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 7 días de curado	247
Cuadro N° D.35	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	248
Cuadro N° D.36	Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	249
Cuadro N° D.37	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 1 día de curado	249
Cuadro N° D.38	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 7 días de curado	250

Cuadro N° D.39	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	250
Cuadro N° D.40	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	251
Cuadro N° D.41	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 1 día de curado	252
Cuadro N° D.42	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 7 días de curado	252
Cuadro N° D.43	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	253
Cuadro N° D.44	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	253
Cuadro N° D.45	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 1 día de curado	254
Cuadro N° D.46	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 7 días de curado	255
Cuadro N° D.47	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	255
Cuadro N° D.48	Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	256
Cuadro N° D.49	Cantidad de probetas del ensayo de resistencia a la compresión	257
Cuadro N° D.50	Valores del ensayo de resistencia a la compresión	257
Cuadro N° D.51	Resistencia a la tracción para el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	258
Cuadro N° D.52	Resistencia a la tracción para el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	258
Cuadro N° D.53	Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	258

Cuadro N° D.54	Resistencia a la tracción para el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	259
Cuadro N° D.55	Resistencia a la tracción para el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	259
Cuadro N° D.56	Resistencia a la tracción para el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	259
Cuadro N° D.57	Resistencia a la tracción para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	260
Cuadro N° D.58	Resistencia a la tracción para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	260
Cuadro N° D.59	Resistencia a la tracción para el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	260
Cuadro N° D.60	Resistencia a la tracción para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 28 días de curado	261
Cuadro N° D.61	Resistencia a la tracción para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 28 días de curado	261
Cuadro N° D.62	Resistencia a la tracción para el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 28 días de curado	261
Cuadro N° D.63	Cantidad de probetas del ensayo de tracción por compresión diametral	262
Cuadro N° D.64	Valores del ensayo de tracción por compresión diametral	262
Cuadro N° D.65	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	263
Cuadro N° D.66	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	263

Cuadro N° D.67	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	263
Cuadro N° D.68	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	264
Cuadro N° D.69	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	265
Cuadro N° D.70	Resultados de la probeta n° 2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	265
Cuadro N° D.71	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	266
Cuadro N° D.72	Datos de la probeta N° 3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	267
Cuadro N° D.73	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	267
Cuadro N° D.74	Módulo elástico estático de la probeta n° 3 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	268

Cuadro N° D.75	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	268
Cuadro N° D.76	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	269
Cuadro N° D.77	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	269
Cuadro N° D.78	Módulo elástico estático de la probeta n° 1 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	270
Cuadro N° D.79	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	270
Cuadro N° D.80	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	271
Cuadro N° D.81	Módulo elástico estático de la probeta n° 2 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	272
Cuadro N° D.82	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	272

Cuadro N° D.83	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	273
Cuadro N° D.84	Módulo elástico estático de la probeta n° 3 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	274
Cuadro N° D.85	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	274
Cuadro N° D.86	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	274
Cuadro N° D.87	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	275
Cuadro N° D.88	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	276
Cuadro N° D.89	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	276
Cuadro N° D.90	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	276
Cuadro N° D.91	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	277

Cuadro N° D.92	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	278
Cuadro N° D.93	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	278
Cuadro N° D.94	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	279
Cuadro N° D.95	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	280
Cuadro N° D.96	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	280
Cuadro N° D.97	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	280
Cuadro N° D.98	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	281
Cuadro N° D.99	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	282



Cuadro N° D.100	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	282
Cuadro N° D.101	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	283
Cuadro N° D.102	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	283
Cuadro N° D.103	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	283
Cuadro N° D.104	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	285
Cuadro N° D.105	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	285
Cuadro N° D.106	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	285
Cuadro N° D.107	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	286
Cuadro N° D.108	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	287

Cuadro N° D.109	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	287
Cuadro N° D.110	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	287
Cuadro N° D.111	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	288
Cuadro N° D.112	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	289
Cuadro N° D.113	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	289
Cuadro N° D.114	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	290
Cuadro N° D.115	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	290
Cuadro N° D.116	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	291
Cuadro N° D.117	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	291

Cuadro N° D.118	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c= 0.50$ a 56 días de curado	292
Cuadro N° D.119	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	292
Cuadro N° D.120	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	293
Cuadro N° D.121	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	294
Cuadro N° D.122	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	294
Cuadro N° D.123	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	295
Cuadro N° D.124	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c= 0.50$ a 56 días de curado	296
Cuadro N° D.125	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	296
Cuadro N° D.126	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	297

Cuadro N° D.127	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	297
Cuadro N° D.128	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	298
Cuadro N° D.129	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	298
Cuadro N° D.130	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	299
Cuadro N° D.131	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	300
Cuadro N° D.132	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	300
Cuadro N° D.133	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	301
Cuadro N° D.134	Módulo Elástico Estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c= 0.50 a 56 días de curado	302
Cuadro N° D.135	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	302
Cuadro N° D.136	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado	303

Cuadro N° D.137	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	303
Cuadro N° D.138	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	304
Cuadro N° D.139	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	304
Cuadro N° D.140	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	305
Cuadro N° D.141	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	306
Cuadro N° D.142	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	306
Cuadro N° D.143	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	307
Cuadro N° D.144	Módulo Elástico Estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	308
Cuadro N° D.145	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	309
Cuadro N° D.146	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	309

Cuadro N° D.147	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	309
Cuadro N° D.148	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	310
Cuadro N° D.149	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	311
Cuadro N° D.150	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	311
Cuadro N° D.151	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c= 0.45$ a 56 días de curado	312
Cuadro N° D.152	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	312
Cuadro N° D.153	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	313
Cuadro N° D.154	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	314
Cuadro N° D.155	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	314
Cuadro N° D.156	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	315

Cuadro N° D.157	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	315
Cuadro N° D.158	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	316
Cuadro N° D.159	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	316
Cuadro N° D.160	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	317
Cuadro N° D.161	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	318
Cuadro N° D.162	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	318
Cuadro N° D.163	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	319
Cuadro N° D.164	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	320
Cuadro N° D.165	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	321
Cuadro N° D.166	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	321

Cuadro N° D.167	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	321
Cuadro N° D.168	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	322
Cuadro N° D.169	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	323
Cuadro N° D.170	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	323
Cuadro N° D.171	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	324
Cuadro N° D.172	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	324
Cuadro N° D.173	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	325
Cuadro N° D.174	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	326
Cuadro N° D.175	Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	327
Cuadro N° D.176	Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	327



Cuadro N° D.177	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	327
Cuadro N° D.178	Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	328
Cuadro N° D.179	Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	329
Cuadro N° D.180	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	329
Cuadro N° D.181	Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	330
Cuadro N° D.182	Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	330
Cuadro N° D.183	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	331
Cuadro N° D.184	Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	332
Cuadro N° D.185	Cantidad de probetas del ensayo de módulo elástico estático	333
Cuadro N° D.186	Valores del ensayo de módulo elástico estático	333

**ANEXO GRÁFICOS**

		<b>Pág.</b>
Gráfico N° A.1	Curva granulométrica del agregado grueso	155
Gráfico N° A.2	Curva granulométrica del agregado fino	155
Gráfico N° A.3	Peso unitario compactado del agregado global	156
Gráfico N° A.4	Curva granulométrica del agregado global	159
Gráfico N° B.1	Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.55$	162
Gráfico N° B.2	Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.50$	164
Gráfico N° B.3	Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.45$	166
Gráfico N° B.4	Resistencia a la compresión del diseño con relación $a/c=0.55$	175
Gráfico N° B.5	Superposición de gráficas de Resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación $a/c=0.55$	176
Gráfico N° B.6	Resistencia a la compresión del diseño con relación $a/c=0.50$	176
Gráfico N° B.7	Superposición de gráficas de Resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación $a/c=0.50$	177
Gráfico N° B.8	Resistencia a la compresión del diseño con relación $a/c=0.45$	177
Gráfico N° B.9	Superposición de gráficas de Resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación $a/c=0.45$	178
Gráfico N° B.10	Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación $a/c=0.70$	182

Gráfico N° B.11	Cálculo del porcentaje de aditivo para el concreto con relación $a/c=0.70$ y reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño	185
Gráfico N° B.12	Cálculo de la reducción de agua para la relación $a/c=0.55$	188
Gráfico N° B.13	Cálculo de la reducción de agua para la relación $a/c=0.50$	190
Gráfico N° B.14	Cálculo de la reducción de agua para la relación $a/c=0.45$	193
Gráfico N° C.1	Ensayo de asentamiento para las mezclas de concreto	198
Gráfico N° C.2	Ensayo de peso unitario para las mezclas de concreto	199
Gráfico N° C.3	Ensayo de fluidez para las mezclas de concreto	200
Gráfico N° C.4	Ensayo de contenido de aire para las mezclas de concreto	201
Gráfico N° C.5	Ensayo de exudación para las mezclas de concreto	214
Gráfico N° C.6	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.55$	215
Gráfico N° C.7	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.55$	216
Gráfico N° C.8	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.55$	217
Gráfico N° C.9	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.55$	218
Gráfico N° C.10	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación $a/c=0.50$	219
Gráfico N° C.11	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación $a/c=0.50$	220

Gráfico N° C.12	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación a/c=0.50	221
Gráfico N° C.13	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación a/c=0.50	222
Gráfico N° C.14	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.45	223
Gráfico N° C.15	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.45	224
Gráfico N° C.16	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación a/c=0.45	225
Gráfico N° C.17	Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación a/c=0.45	226
Gráfico N° C.18	Ensayo de tiempo de fragua para la mezcla de concreto con relación a/c=0.55	227
Gráfico N° C.19	Ensayo de tiempo de fragua para la mezcla de concreto con relación a/c=0.50	228
Gráfico N° C.20	Ensayo de tiempo de fragua para la mezcla de concreto con relación a/c=0.45	228
Gráfico N° D.1	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado	264
Gráfico N° D.2	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado	266
Gráfico N° D.3	Resultados de la probeta n° 3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado	268
Gráfico N° D.4	Resultados de la probeta n° 1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado	270

Gráfico N° D.5	Resultados de la probeta n° 2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	272
Gráfico N° D.6	Resultados de la probeta n° 3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	273
Gráfico N° D.7	Resultados de la probeta n° 1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	275
Gráfico N° D.8	Resultados de la probeta n° 2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	277
Gráfico N° D.9	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	279
Gráfico N° D.10	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	281
Gráfico N° D.11	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	283
Gráfico N° D.12	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.55$ a 56 días de curado	284
Gráfico N° D.13	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	286
Gráfico N° D.14	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	288

Gráfico N° D.15	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	290
Gráfico N° D.16	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	292
Gráfico N° D.17	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	294
Gráfico N° D.18	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	296
Gráfico N° D.19	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	298
Gráfico N° D.20	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	300
Gráfico N° D.21	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c= 0.50$ a 56 días de curado	302
Gráfico N° D.22	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	304
Gráfico N° D.23	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	306
Gráfico N° D.24	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.50$ a 56 días de curado	308

Gráfico N° D.25	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	310
Gráfico N° D.26	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	312
Gráfico N° D.27	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	314
Gráfico N° D.28	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	316
Gráfico N° D.29	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c= 0.45$ a 56 días de curado	318
Gráfico N° D.30	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	320
Gráfico N° D.31	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	322
Gráfico N° D.32	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	324
Gráfico N° D.33	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	326
Gráfico N° D.34	Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación $a/c=0.45$ a 56 días de curado	328

Gráfico N° D.35	Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado	330
Gráfico N° D.36	Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado	332



## ANEXO CONSTANCIAS

	<b>Pág.</b>
Constancia N° E.1 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 1 día de curado en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	334
Constancia N° E.2 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 7 días de curado en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	335
Constancia N° E.3 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	336
Constancia N° E.4 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 56 días de curado en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	337
Constancia N° E.5 Ensayos de agregados, concreto en estado fresco y ensayo de módulo elástico estático en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI	338
Constancia N° E.6 Boleta por el servicio de análisis químico en el Laboratorio de Películas Delgadas de la Facultad de Ciencias de la UNI	339

## ANEXO PANEL FOTOGRÁFICO

		<b>Pág.</b>
Foto N° F.1	Realizando el ensayo de peso unitario compactado del agregado global	340
Foto N° F.2	Preparación de mezcla	340
Foto N° F.3	Muestra de 50g para hallar el peso específico del Micromineral SIO 400	341
Foto N° F.4	Micromineral SIO 400 en el frasco de Le Chatelier	341
Foto N° F.5	Ensayo de asentamiento	342
Foto N° F.6	Enrazado de probetas	342
Foto N° F.7	Desencofrado de probetas	343
Foto N° F.8	Curado de probetas	343
Foto N° F.9	Ensayo de peso unitario compactado	344
Foto N° F.10	Ensayo de contenido de aire	344
Foto N° F.11	Ensayo de fluidez	345
Foto N° F.12	Ensayo de tiempo de fragua	345
Foto N° F.13	Ensayo de resistencia a la compresión	346
Foto N° F.14	Ensayo de tracción por compresión diametral	346
Foto N° F.15	Ensayo de módulo elástico estático	347

**ANEXO A: AGREGADOS****AGREGADO GRUESO Y FINO**

Los ensayos de las características físicas de los agregados se realizaron de acuerdo a la normas NTP y/o ASTM. El agregado fino utilizado en la presente tesis pertenece a la cantera de Trapiche (Lima) y el agregado grueso en la cantera de Huachipa (Carapongo).

- **Peso unitario**

Cuadro N° A.1 Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso del recipiente	5.1				kg
Volumen del recipiente	0.0097				m <sup>3</sup>
Peso del material + tara sin compactar	18.8	18.9	18.7	18.8	kg
Peso del material suelto	13.7				kg
Peso del material + tara compactado	19.7	19.7	19.7	19.7	kg
Peso del material compactado	14.6				kg
Peso unitario suelto (PUS)	1408				kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado (PUC)	1500				kg/m <sup>3</sup>

Cuadro N° A.2 Cálculo del peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso del recipiente	4.3				kg
Volumen del recipiente (1/10 pie <sup>3</sup> )	0.0028				m <sup>3</sup>
Peso del material + tara sin compactar	8.7	8.7	8.7	8.70	kg
Peso del material suelto	4.4				kg
Peso del material + tara compactado	8.9	8.9	9	8.93	kg
Peso del material compactado	4.7				kg
Peso unitario suelto (PUS)	1570				kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado (PUC)	1653				kg/m <sup>3</sup>

- Peso específico y absorción

Cuadro N° A.3 Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso de la muestra S.S.S	5225.2	4730.8	4948.2	X	g
Peso de la canastilla en el agua	810.2	810.2	810.2		g
Peso de la muestra S.S.S. + la canastilla en agua	6035.4	5541	5758.4		g
Peso de la muestra S.S.S. en agua	3263	2957.6	3092.6		g
Peso de la tara	180.5	180.5	180.5		g
Peso de la tara + muestra seca	5386.5	4895.3	5104		g
Peso de la muestra seca	5206	4714.8	4923.5		g
Peso Específico (PE)	2.653	2.659	2.653	2.66	-
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (PESSS)	2.663	2.668	2.667	2.67	-
Absorción (Abs)	0.37	0.34	0.50	0.40	%

Cuadro N° A.4 Cálculo del peso específico del agregado fino

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso de la muestra S.S.S	300	300	300	X	g
Peso del balón seco	656.9	664.8	668.7		g
Peso S.S.S. + balón	956.9	964.8	968.7		g
Peso S.S.S. + balón + agua	845.3	853.6	858.3		g
Peso del agua	111.6	111.2	110.4		g
Peso de la tara	160.5	160.5	160.5		g
Peso de la tara + muestra seca	455.3	456.1	456.8		g
Peso de la muestra seca	294.8	295.6	296.3		g
Volumen de la masa	106.4	106.8	106.7		cm <sup>3</sup>
Peso Específico (PE)	2.642	2.658	2.684	2.66	-
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco (PESSS)	2.688	2.698	2.717	2.70	-
Absorción (Abs)	1.76	1.49	1.25	1.50	%

- Contenido de humedad

Se debe indicar que el ensayo de contenido de humedad de los agregados se realizó para cada día en que se realizó la mezcla de concreto.

Cuadro N° A.5 Cálculo del contenido de humedad en el agregado grueso

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso de material húmedo	1000.5	1000.7	1000.2	1000.5	g
Peso de material seco	997.1	997.8	997.3	997.4	g
Contenido de agua	3.4	2.9	2.9	3.1	g
Contenido de humedad	0.34	0.29	0.29	0.31	%

Cuadro N° A.6 Cálculo del contenido de humedad en el agregado fino

Datos	M1	M2	M3	Promedio	Unidades
Peso de material húmedo	500.3	500.2	500.9	500.5	g
Peso de material seco	492.3	491.2	490.4	491.3	g
Contenido de agua	8.0	9.0	10.5	9.2	g
Contenido de humedad	1.63	1.83	2.14	1.87	%

- Granulometría y porcentaje de finos que pasa la malla N°200

Para hallar el porcentaje de finos que pasa la malla N° 200 se tuvo que lavar las tres muestras del ensayo granulométrico; por lo tanto, en las tablas lo que quedó en el fondo es la representación del material que pasa la malla N° 200.

Para hallar el módulo de finura de los agregados se utiliza la siguiente fórmula, utilizando los porcentajes retenidos acumulados:

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

Cuadro N° A.7 Granulometría del agregado grueso

Malla (pulg.)	Malla (mm)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	Peso retenido promedio (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso que pasa (%)
3"	76.2	-	-	-	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.1	-	-	-	-	-	-	100.00
1"	25.4	578	555.7	622	585.23	5.68	5.68	94.32
3/4"	19.05	5653.5	5783	6243	5893.17	57.16	62.83	37.17
1/2"	12.7	3907.1	3953.8	3092.1	3651.00	35.41	98.24	1.76
3/8"	9.525	53.6	82.6	51.3	62.50	0.61	98.85	1.15
1/4"	6.35	13.7	29.7	2.4	15.27	0.15	99.00	1.00
N° 4	4.76	1.50	7.20	0.70	3.13	0.03	99.03	0.97
Fondo	-	96.86	115.81	87.86	100.18	0.97	100.00	0.00
Total	-	10304.26	10527.81	10099.36	10310.48	Módulo de finura = 7.56		

Cuadro N° A.8 Granulometría del agregado fino

Malla (pulg.)	Malla (mm)	M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	Peso retenido promedio (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso que pasa (%)
1/4"	6.35	-	-	-	-	-	-	100.00
N° 4	4.76	16.19	16.17	16.18	16.18	3.13	3.13	96.87
N° 6	3.36	38.4	39.9	26.00	34.77	6.73	9.86	90.14
N° 8	2.38	52.8	47.4	47.1	49.10	9.50	19.37	80.63
N° 10	2	30.7	26.4	25.9	27.67	5.36	24.72	75.28
N° 16	1.19	107	102.7	98.1	102.60	19.86	44.58	55.42
N° 20	0.84	56.3	57.2	58.5	57.33	11.10	55.68	44.32
N° 30	0.59	56.4	59.9	62.6	59.63	11.54	67.23	32.77
N° 40	0.426	44.8	48.3	49.1	47.40	9.18	76.40	23.60
N° 50	0.297	26.3	28.1	30.7	28.37	5.49	81.89	18.11
N° 80	0.177	28.6	30.5	34	31.03	6.01	87.90	12.10
N° 100	0.149	8.1	8.8	9.5	8.80	1.70	89.60	10.40
N° 200	0.074	14	14.2	18.5	15.57	3.01	92.62	7.38
Fondo	-	37.3	36.6	40.5	38.13	7.38	100.00	0.00
Total	-	516.89	516.17	516.68	516.58	Módulo de finura = 3.06		

Gráfico N° A.1 Curva granulométrica del agregado grueso

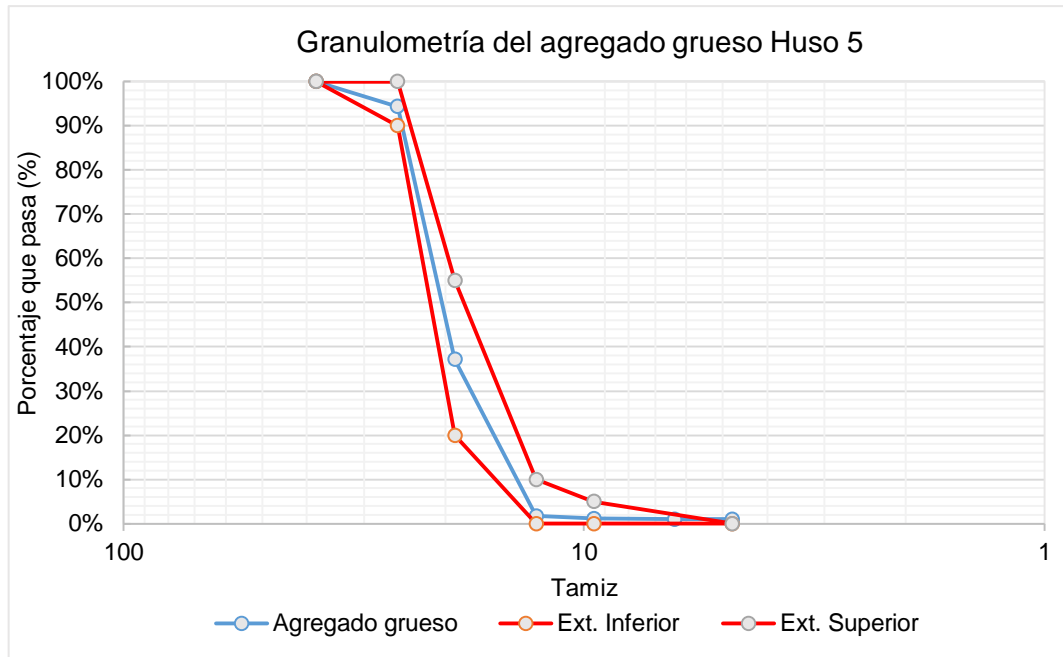
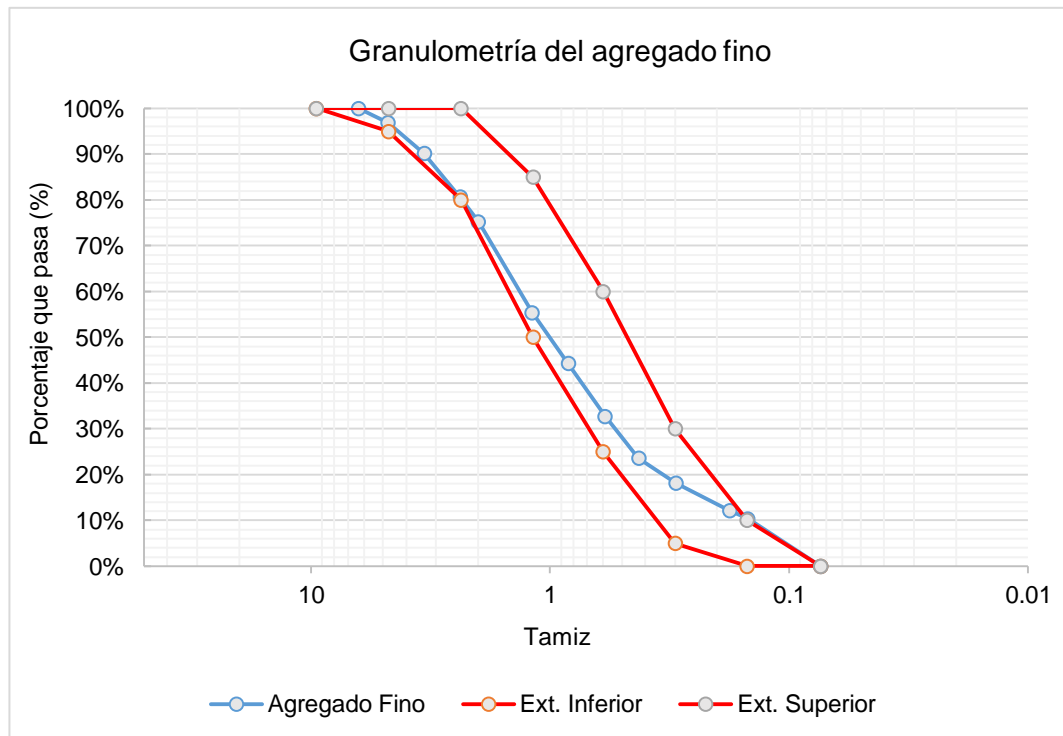


Gráfico N° A.2 Curva granulométrica del agregado fino



## AGREGADO GLOBAL

Los ensayos realizados en el agregado global se realizaron de acuerdo a la normas NTP y/o ASTM.

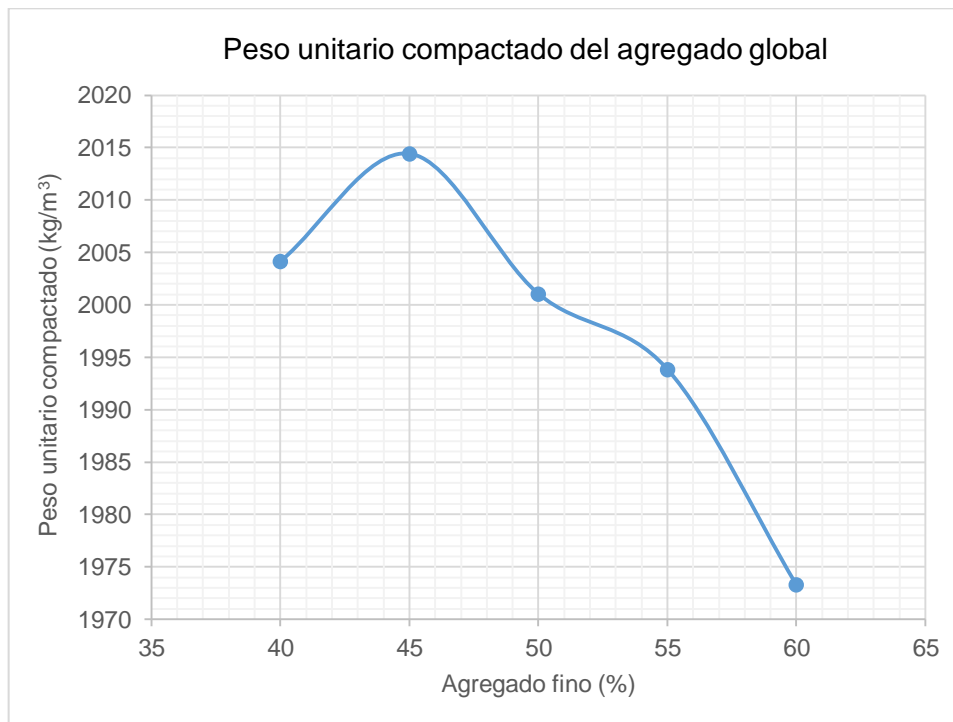
- Ensayo de máxima compactación

Se busca la mejor relación arena/piedra para un mejor reacomodo de sus partículas en la mezcla utilizando el peso unitario compactado como indicador.

Cuadro N° A.9 Resultados del peso unitario compactado de la combinación de los agregados

Arena (%)	Piedra (%)	Peso balde + Muestra (kg)	Peso balde (kg)	Volumen del balde (m <sup>3</sup> )	PUC (kg/m <sup>3</sup> )
40	60	24.6	5.1077	0.009726	2004
45	55	24.7	5.1077	0.009726	2014
50	50	24.57	5.1077	0.009726	2001
55	45	24.5	5.1077	0.009726	1994
60	40	24.3	5.1077	0.009726	1973

Gráfico N° A.3 Peso unitario compactado del agregado global





Se selecciona las relaciones arena/piedra (A/P) con una variación de  $\pm 3\%$  del porcentaje que resulta tener el máximo peso unitario compactado. La relación arena/piedra obtenida es 45/55 con un peso unitario de 2014 kg/m<sup>3</sup>.

Cuadro N° A.10 Porcentajes de arena y piedra para el método de compacidad y resistencia

% Agregados (arena/piedra)	42/58
	45/55
	48/52

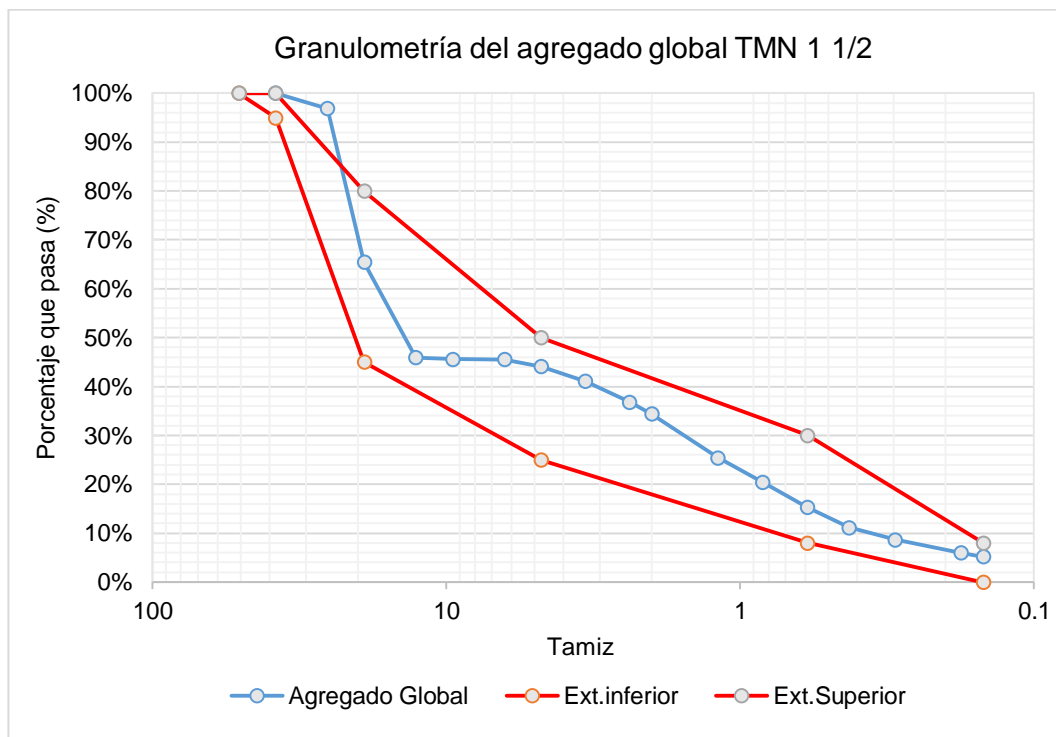
#### - Granulometría

Para hallar la granulometría del agregado global se debe primero hallar la relación óptima de arena/piedra, la cual consiste en realizar una comparación entre las gráficas del peso unitario compactado y la resistencia a la compresión, esta etapa se describe en el diseño del Concreto Patrón (CP).

Cuadro N° A.11 Granulometría del agregado global

Malla (pulg.)	Malla (mm)	Peso retenido de la piedra (%)	Peso retenido de la arena (%)	0.55% del peso de la piedra (%)	0.45% del peso de la arena (%)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Peso que pasa (%)
3"	76.2	-	-	-	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	38.1	-	-	-	-	-	-	100.00
1"	25.4	5.68	-	3.12		3.12	3.12	96.88
3/4"	19.05	57.16	-	31.44		31.44	34.56	65.44
1/2"	12.7	35.41	-	19.48		19.48	54.03	45.97
3/8"	9.525	0.61	-	0.33		0.33	54.37	45.63
1/4"	6.35	0.15	-	0.08		0.08	54.45	45.55
N° 4	4.76	0.03	3.13	0.02	1.41	1.43	55.88	44.12
N° 6	3.36	-	6.73	-	3.03	3.03	58.90	41.10
N° 8	2.38	-	9.50	-	4.28	4.28	63.18	36.82
N° 10	2	-	5.36	-	2.41	2.41	65.59	34.41
N° 16	1.19	-	19.86	-	8.94	8.94	74.53	25.47
N° 20	0.84	-	11.10	-	4.99	4.99	79.52	20.48
N° 30	0.59	-	11.54	-	5.19	5.19	84.72	15.28
N° 40	0.426	-	9.18	-	4.13	4.13	88.85	11.15
N° 50	0.297	-	5.49	-	2.47	2.47	91.32	8.68
N° 80	0.177	-	6.01	-	2.70	2.70	94.02	5.98
N° 100	0.149	-	1.70	-	0.77	0.77	94.79	5.21
N° 200	0.074	-	3.01	-	1.36	1.36	96.14	3.86
Fondo	-	0.97	7.38	0.53	3.32	3.86	100.00	0.00
Total	-	100.00	100.00	55.00	45.00	Módulo de finura = 5.53		

Gráfico N° A.4 Curva granulométrica del agregado global



Cuadro N° A.12 Resumen de las propiedades de los agregados

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
Cantera	Trapiche (Lima)	Huachipa (Carapongo)	-
Absorción	1.50	0.40	%
Peso específico	2.66	2.66	-
Peso unitario suelto	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de finura	3.06	7.56	-
Módulo de finura del agregado global	5.53		-
Relación del agregado global	45	55	%
Porcentaje que pasa la malla N°200	7.38	0.97	%
Tamaño máximo	-	1 1/2	Pulgada
Tamaño máximo nominal	-	1	Pulgada

**ANEXO B: DISEÑO DE MEZCLAS****DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN (CP)**

Para el diseño del Concreto Patrón se debe hallar el agua de diseño con el método del ACI y la relación de arena/piedra con el método del agregado global.

- Método del ACI

Se busca hallar el agua de diseño para cada relación agua/cemento con el propósito de obtener una mezcla con un slump de 4". Se elige una relación arena/piedra para hacer el diseño, en este caso se utilizó la relación arena/piedra igual a 42%/58%. Se utilizó una tanda de 30 kg para hallar el slump. Para cada día en que se diseñe una mezcla se halla el contenido de humedad del agregado grueso y fino.

Cuadro N° B.1 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	2.07	0.56	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.2 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 con 240 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	436.36	0.14	1.00	436.36	1.00	5.686
Agua	240.00	0.24	0.55	234.72	0.54	3.059
Arena	677.87	0.25	1.55	691.89	1.59	9.016
Piedra	933.95	0.35	2.14	939.15	2.15	12.238
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2288.20	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	2.6"					

Cuadro N° B.3 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 con 255 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	463.64	0.15	1.00	463.64	1.00	6.098
Agua	255.00	0.26	0.55	249.92	0.54	3.287
Arena	651.42	0.24	1.41	664.90	1.43	8.745
Piedra	897.52	0.34	1.94	902.51	1.95	11.870
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2267.59	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.3"				

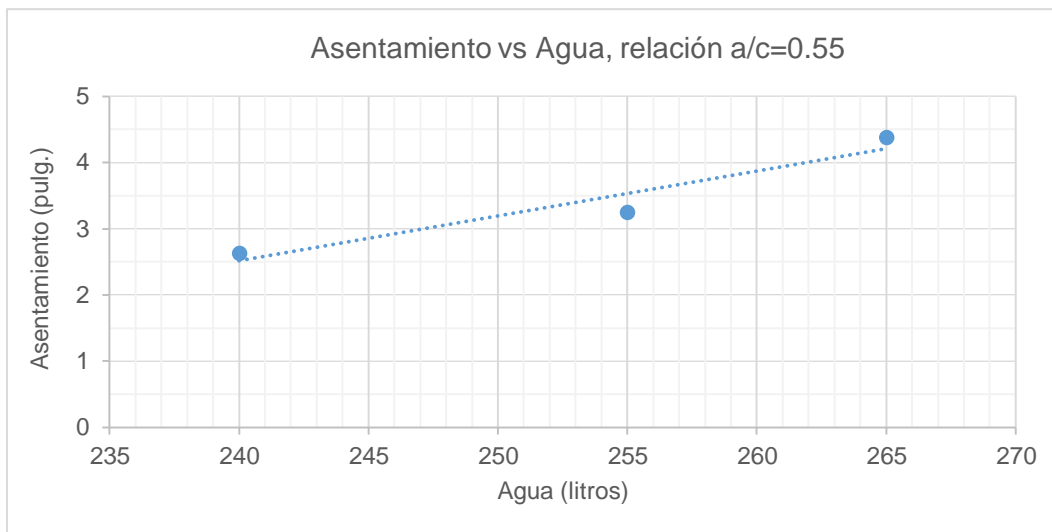
Cuadro N° B.4 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 con 265 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	481.82	0.15	1.00	481.82	1.00	6.376
Agua	265.00	0.27	0.55	260.06	0.54	3.442
Arena	633.80	0.24	1.32	646.91	1.34	8.561
Piedra	873.23	0.33	1.81	878.09	1.82	11.621
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2253.86	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4.4"				

Cuadro N° B.5 Valores de litros de agua y slump para la relación a/c=0.55

a/c	%A / %P	Agua (litros)	Slump (pulg.)
0.55	42/58	240	2.6
		255	3.3
		265	4.4

Gráfico N° B.1 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación a/c=0.55



Se obtuvo como resultado en el agua de diseño que 261.80 litros de agua nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.55.

Cuadro N° B.6 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	1.17	0.58	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.7 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.50 con 245 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	490.00	0.16	1.00	490.00	1.00	6.387
Agua	245.00	0.25	0.50	245.59	0.50	3.201
Arena	653.25	0.25	1.33	660.87	1.35	8.614
Piedra	900.03	0.34	1.84	905.25	1.85	11.799
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2288.29	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	2.9"					

Cuadro N° B.8 Diseño de mezcla para la relación  $a/c=0.50$  con 250 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	500.00	0.16	1.00	500.00	1.00	6.537
Agua	250.00	0.25	0.50	250.58	0.50	3.276
Arena	644.11	0.24	1.29	651.62	1.30	8.519
Piedra	887.44	0.33	1.77	892.59	1.79	11.669
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2281.57	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.5"				

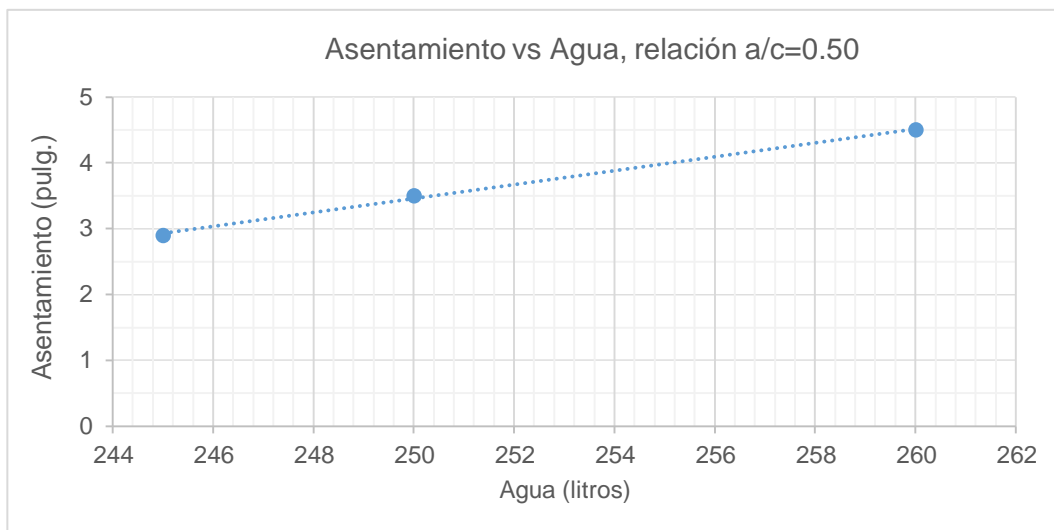
Cuadro N° B.9 Diseño de mezcla para la relación  $a/c=0.50$  con 260 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	520.00	0.17	1.00	520.00	1.00	6.839
Agua	260.00	0.26	0.50	260.57	0.50	3.427
Arena	625.84	0.24	1.20	633.14	1.22	8.327
Piedra	862.26	0.32	1.66	867.26	1.67	11.407
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2268.11	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4.5"				

Cuadro N° B.10 Valores de litros de agua y slump para la relación  $a/c=0.50$

a/c	%A / %P	Agua (litros)	Slump (pulg.)
0.50	42/58	245	2.9
		250	3.5
		260	4.5

Gráfico N° B.2 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación a/c=0.50



Se obtuvo como resultado en el agua de diseño que 255.17 litros de agua nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.50.

Cuadro N° B.11 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	1.82	0.73	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.12 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.45 con 240 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	533.33	0.17	1.00	533.33	1.00	6.907
Agua	240.00	0.24	0.45	235.07	0.44	3.044
Arena	643.46	0.24	1.21	655.18	1.23	8.485
Piedra	886.54	0.33	1.66	892.98	1.67	11.564
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2303.35	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	1.8"					



Cuadro N° B.13 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.45 con 255 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	566.67	0.18	1.00	566.67	1.00	7.403
Agua	255.00	0.26	0.45	250.29	0.44	3.270
Arena	614.87	0.23	1.09	626.07	1.10	8.179
Piedra	847.15	0.32	1.49	853.30	1.51	11.148
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2283.70	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		2.8"				

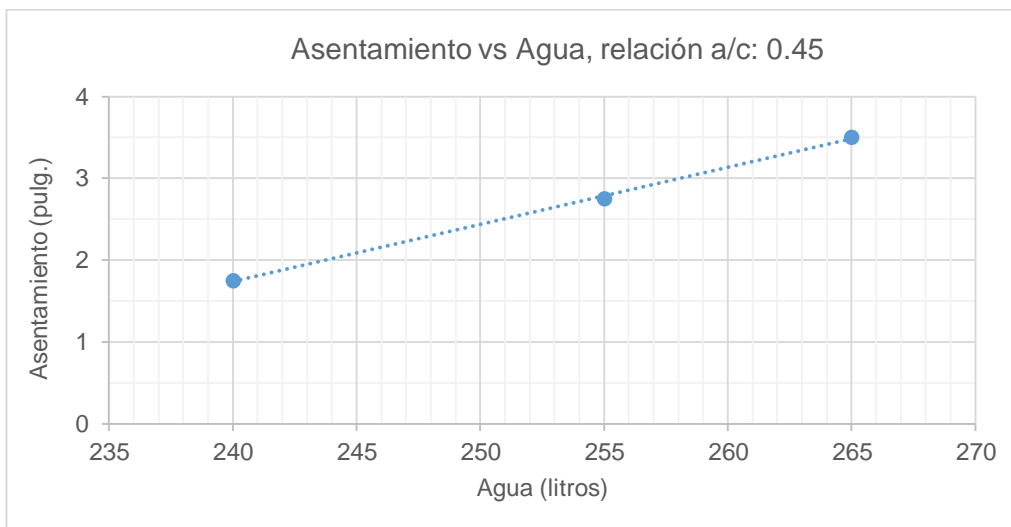
Cuadro N° B.14 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.45 con 265 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	588.89	0.19	1.00	588.89	1.00	7.739
Agua	265.00	0.27	0.45	260.44	0.44	3.423
Arena	595.80	0.22	1.01	606.66	1.03	7.972
Piedra	820.89	0.31	1.39	826.84	1.40	10.866
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2270.59	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.5"				

Cuadro N° B.15 Valores de litros de agua y slump para la relación a/c=0.45

a/c	%A / %P	Agua (litros)	Slump (pulg)
0.45	42/58	240	1.8
		255	2.8
		265	3.5

Gráfico N° B.3 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación a/c=0.45



Se obtuvo como resultado en el agua de diseño que 272.60 Litros de agua nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.45.

- Resistencia a la compresión

Se ensayaron probetas para cada relación arena/piedra con cada relación agua/cemento (a/c), con estos resultados se busca la relación arena/piedra que desarrolle resultados máximos en resistencia comparando con la gráfica del ensayo de compacidad. Se utilizó una tanda de 30 kg dando consigo 5 probetas por tanda. Para cada día en que se diseñe una mezcla se halla el contenido de humedad del agregado grueso y fino.

Cuadro N° B.16 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	2.07	0.56	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.17 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 42%/58% con 261.80 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	476.00	0.15	1.00	476.00	1.00	6.287
Agua	261.80	0.26	0.55	256.81	0.54	3.392
Arena	639.44	0.24	1.34	652.67	1.37	8.620
Piedra	881.00	0.33	1.85	885.90	1.86	11.701
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2258.25	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.18 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 45%/55% con 261.80 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	476.00	0.15	1.00	476.00	1.00	6.285
Agua	261.80	0.26	0.55	256.62	0.54	3.389
Arena	685.11	0.257	1.44	699.29	1.47	9.234
Piedra	835.43	0.315	1.76	840.08	1.76	11.093
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2258.35	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.19 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 48%/52% con 261.80 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	476.00	0.15	1.00	476.00	1.00	6.284
Agua	261.80	0.26	0.55	256.43	0.54	3.385
Arena	730.78	0.27	1.54	745.91	1.57	9.847
Piedra	789.86	0.30	1.66	794.26	1.67	10.485
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2258.46	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.20 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 42%/58% con 261.80 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
42% ----- 58%	7	P1	4.17	18500	20.91	10.20	81.67	226.52	227.12
		P2	4.13	17950	20.87	10.21	81.83	219.35	
		P3	4.16	19000	20.91	10.20	81.67	232.64	
		P4	4.10	20150	20.68	10.21	81.75	246.48	
		P5	4.11	17250	20.79	10.22	81.91	210.59	

Cuadro N° B.21 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 45%/55% con 261.80 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
45% ----- 55%	7	P1	4.20	19810	20.90	10.19	81.51	243.03	247.02
		P2	4.14	17240	20.82	10.27	82.80	208.22	
		P3	4.14	21460	20.87	10.27	82.72	259.44	
		P4	4.13	23110	20.75	10.21	81.75	282.69	
		P5	4.13	19840	20.81	10.23	82.07	241.74	

Cuadro N° B.22 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.55 y arena/piedra igual a 48%/52% con 261.80 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
48% ----- 52%	7	P1	4.16	15650	20.88	10.24	82.23	190.31	201.57
		P2	4.15	12950	20.91	10.20	81.67	158.56	
		P3	4.09	17500	20.62	10.20	81.67	214.27	
		P4	4.13	19050	20.68	10.19	81.51	233.71	
		P5	4.09	17300	20.71	10.22	81.99	211.00	

Cuadro N° B.23 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	1.17	0.58	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.24 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 42%/58% con 255.17 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	510.34	0.16	1.00	510.34	1.00	6.693
Agua	255.17	0.26	0.50	255.74	0.50	3.354
Arena	634.66	0.24	1.24	642.07	1.26	8.420
Piedra	874.42	0.33	1.71	879.50	1.72	11.534
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2274.61	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.25 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 45%/55% con 255.17 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	510.34	0.16	1.00	510.34	1.00	6.691
Agua	255.17	0.26	0.50	255.98	0.50	3.356
Arena	679.99	0.256	1.33	687.93	1.35	9.019
Piedra	829.20	0.312	1.62	834.00	1.63	10.934
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2274.71	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.26 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 48%/52% con 255.17 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	510.34	0.16	1.00	510.34	1.00	6.689
Agua	255.17	0.26	0.50	256.21	0.50	3.358
Arena	725.33	0.27	1.42	733.79	1.44	9.618
Piedra	783.97	0.30	1.54	788.51	1.55	10.335
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2274.81	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.27 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 42%/58% con 255.17 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
42% ----- 58%	7	P1	4.17	17500	20.73	10.21	81.83	213.85	222.21
		P2	4.16	14900	20.86	10.23	82.07	181.55	
		P3	4.19	18600	20.91	10.24	82.23	226.19	
		P4	4.18	18750	20.90	10.24	82.23	228.01	
		P5	4.16	21500	20.89	10.24	82.23	261.45	

Cuadro N° B.28 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 45%/55% con 255.17 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
45% ----- 55%	7	P1	4.16	20050	20.98	10.24	82.31	243.58	259.67
		P2	4.12	19750	20.91	10.21	81.75	241.59	
		P3	4.12	23600	20.87	10.19	81.51	289.53	
		P4	4.16	20850	21.00	10.21	81.83	254.79	
		P5	4.22	22000	21.33	10.21	81.83	268.84	

Cuadro N° B.29 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación a/c=0.50 y arena/piedra igual a 48%/52% con 255.17 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
48% ----- 52%	7	P1	4.15	21400	20.86	10.23	82.15	260.49	243.30
		P2	4.13	19500	20.84	10.22	81.91	238.06	
		P3	4.12	17250	20.82	10.18	81.35	212.04	
		P4	4.11	20750	20.89	10.20	81.67	254.07	
		P5	4.13	20650	20.81	10.22	81.99	251.85	

Cuadro N° B.30 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.45

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	1.82	0.73	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.31 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.45 y arena/piedra igual a 42%/58% con 272.60 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	605.78	0.19	1.00	605.78	1.00	7.997
Agua	272.60	0.27	0.45	268.15	0.44	3.540
Arena	581.32	0.22	0.96	591.91	0.98	7.814
Piedra	800.92	0.30	1.32	806.74	1.33	10.650
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2260.63	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	4"					



Cuadro N° B.32 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.45 y arena/piedra igual a 45%/55% con 272.60 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	605.78	0.19	1.00	605.78	1.00	7.995
Agua	272.60	0.27	0.45	268.15	0.44	3.539
Arena	622.84	0.234	1.03	634.19	1.05	8.370
Piedra	759.50	0.286	1.25	765.01	1.26	10.096
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2260.73	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.33 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.45 y arena/piedra igual a 48%/52% con 272.60 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	605.78	0.19	1.00	605.78	1.00	7.993
Agua	272.60	0.27	0.45	268.15	0.44	3.538
Arena	664.36	0.25	1.10	676.46	1.12	8.926
Piedra	718.07	0.27	1.19	723.28	1.19	9.543
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2260.82	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Cuadro N° B.34 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación  $a/c=0.45$  y arena/piedra igual a 42%/58% con 272.60 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
42% ----- 58%	7	P1	4.11	23850	20.84	10.22	81.91	291.17	280.17
		P2	4.16	20850	20.91	10.28	82.88	251.58	
		P3	4.16	24350	20.91	10.25	82.39	295.53	
		P4	4.12	23400	20.83	10.26	82.55	283.45	
		P5	4.08	23000	20.69	10.25	82.39	279.15	

Cuadro N° B.35 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación  $a/c=0.45$  y arena/piedra igual a 45%/55% con 272.60 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
45% ----- 55%	7	P1	4.14	25350	20.91	10.23	82.07	308.87	298.66
		P2	4.14	23000	20.91	10.22	81.91	280.79	
		P3	4.13	24800	20.71	10.22	81.91	302.76	
		P4	4.13	24250	20.91	10.18	81.35	298.09	
		P5	4.10	24800	20.63	10.22	81.91	302.76	

Cuadro N° B.36 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado para la relación  $a/c= 0.45$  y arena/piedra igual a 48%/52% con 272.60 litros de agua de diseño

%Arena ----- %Piedra	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
48% ----- 52%	7	P1	4.12	17700	20.91	10.19	81.51	217.15	274.15
		P2	4.11	23000	21.05	10.22	81.91	280.79	
		P3	4.09	23100	20.87	10.27	82.72	279.27	
		P4	4.15	23000	20.91	10.21	81.75	281.34	
		P5	4.09	25500	20.81	10.20	81.67	312.23	

Cuadro N° B.37 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado

% Agregados (arena/piedra)	Resistencia a la compresión a los 7 días de curado (kg/cm <sup>2</sup> )		
	a/c=0.55	a/c=0.50	a/c=0.45
42/58	227.12	222.21	280.17
45/55	247.02	259.67	298.66
48/52	201.57	243.30	274.15

- Método del agregado global

Se realiza el ensayo de compacidad para el agregado global y se compara con la resistencia a la compresión para cada relación arena/piedra de acuerdo a cada relación agua/cemento (a/c).

Gráfico N° B.4 Resistencia a la compresión del diseño con relación a/c=0.55

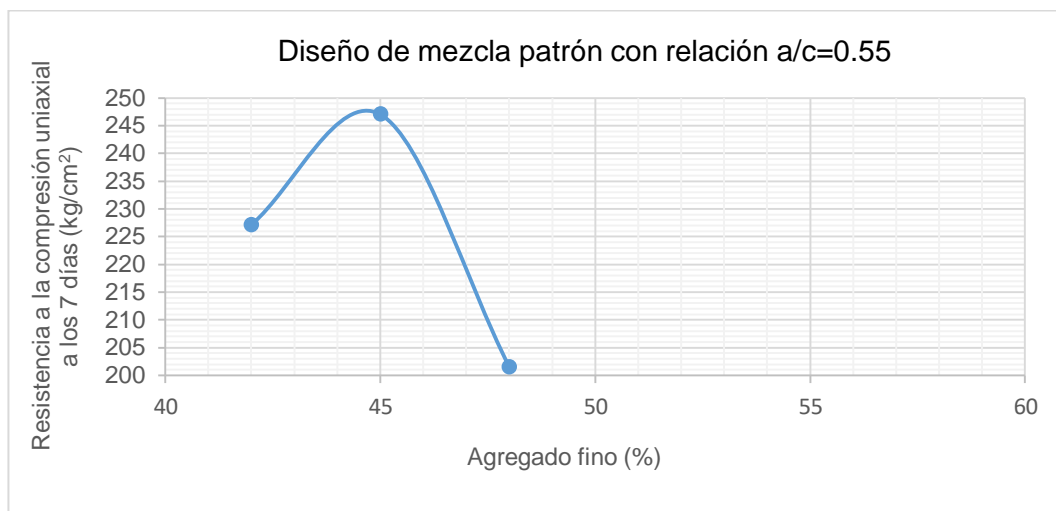


Gráfico N° B.5 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación a/c=0.55

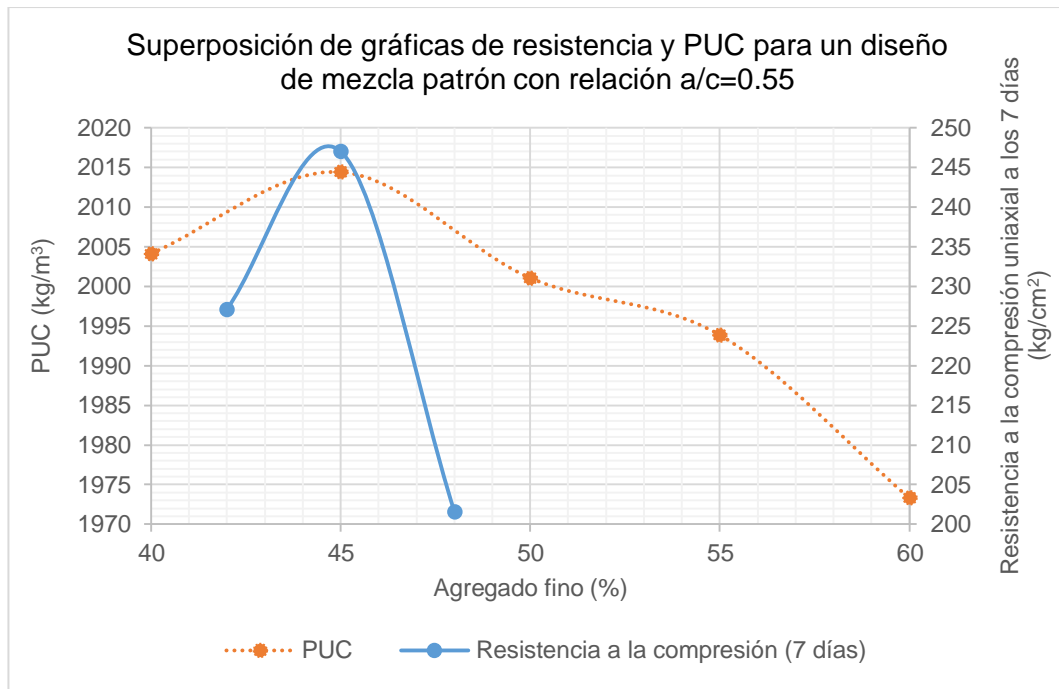


Gráfico N° B.6 Resistencia a la compresión del diseño con relación a/c=0.50

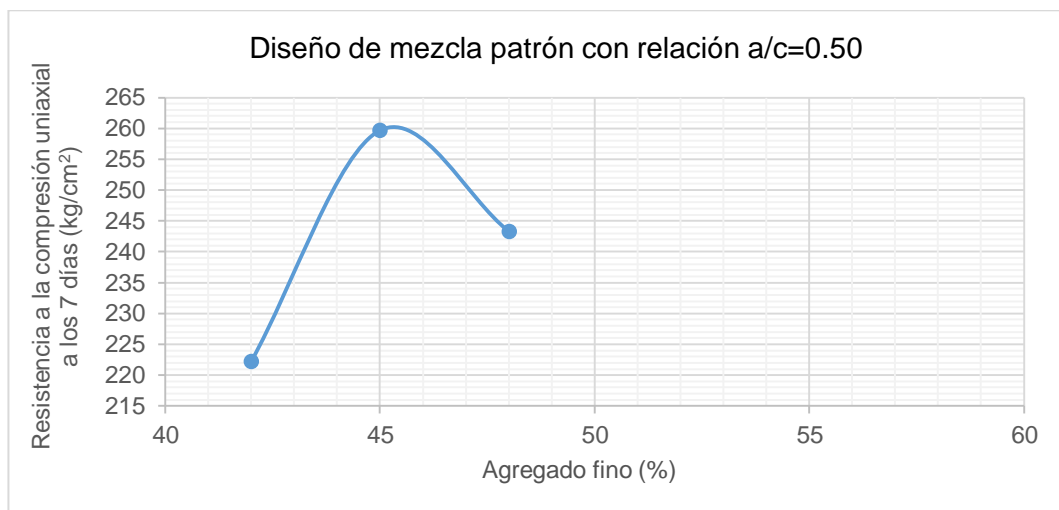


Gráfico N° B.7 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación a/c=0.50

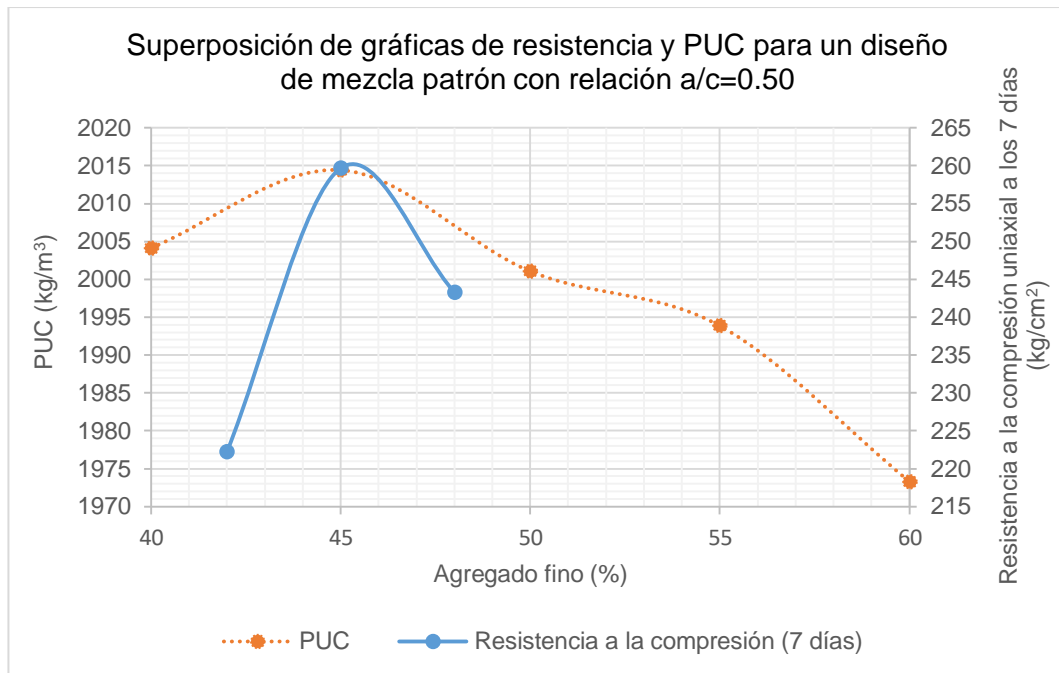


Gráfico N° B.8 Resistencia a la compresión del diseño con relación a/c=0.45

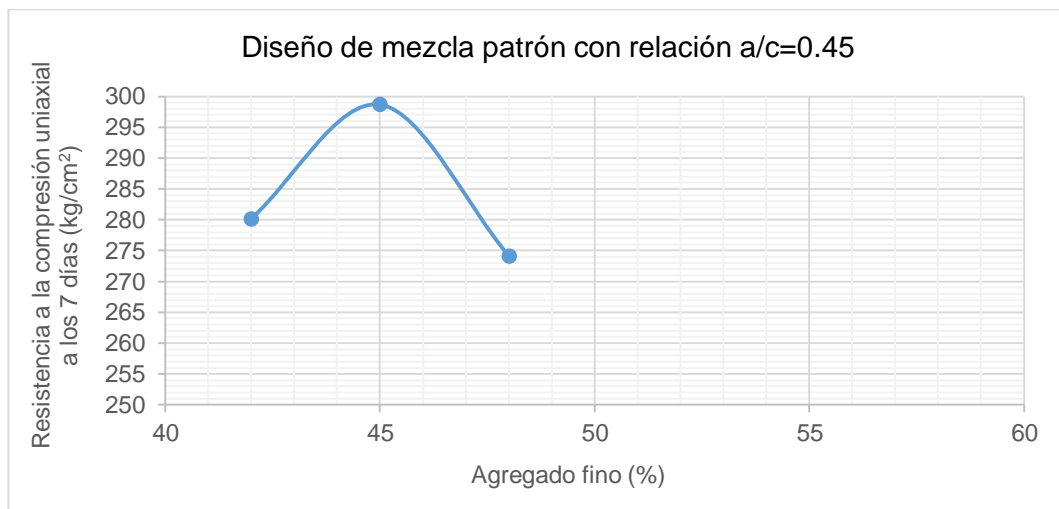
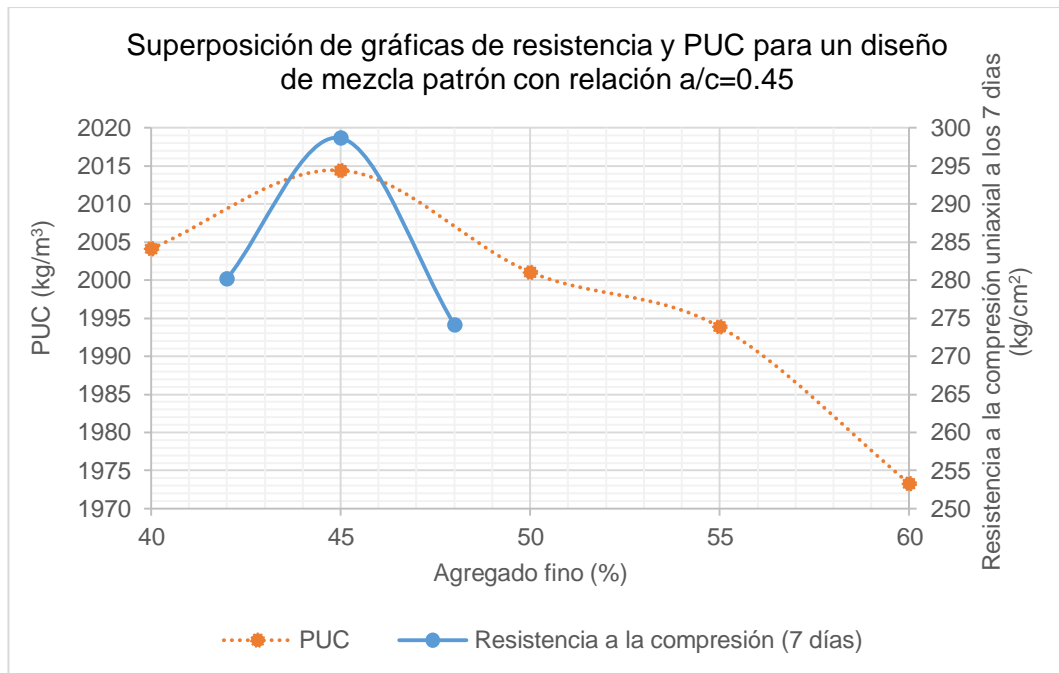


Gráfico N° B.9 Superposición de gráficas de resistencia y PUC para la obtención de la mejor relación de agregado fino y grueso para el diseño con relación a/c=0.45



Para los diseños de mezcla con relaciones agua/cemento (a/c) iguales a 0.55, 0.50 y 0.45 se obtuvo como resultado con la superposición de gráficas de resistencia a la compresión y Peso Unitario Compactado (PUC) una relación óptima de arena y piedra de 45% y 55%.

- Diseño final del Concreto Patrón (CP)

Cuadro N° B.38 Diseño final de la mezcla de concreto patrón con relación a/c=0.55, relación de %arena/%piedra igual a 45%/55% y agua de diseño 261.80 litros para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	261.80	0.26	0.55
Arena	685.11	0.257	1.44
Piedra	835.43	0.315	1.76
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Sumatoria	2258.359	1.000	-
Asentamiento	4"		

Cuadro N° B.39 Diseño final de la mezcla de concreto patrón con relación a/c=0.50, relación de %arena/%piedra igual a 45%/55% y agua de diseño 255.17 litros para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.50)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.16	1.00
Agua	255.17	0.26	0.50
Arena	679.99	0.256	1.33
Piedra	829.20	0.312	1.62
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Sumatoria	2274.715	1.000	-
Asentamiento	4"		

Cuadro N° B.40 Diseño final de la mezcla de concreto patrón con relación a/c=0.45, relación de %arena/%piedra igual a 45%/55% y agua de diseño 272.60 litros para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.45)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	272.60	0.27	0.45
Arena	622.84	0.234	1.03
Piedra	759.50	0.286	1.25
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Sumatoria	2260.728	1.000	-
Asentamiento	4"		

#### DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO (CPA)

Se debe elegir el porcentaje de aditivo respecto al peso de cemento para el diseño del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) y luego el porcentaje de reducción de agua para obtener un slump de 4". Se usará la relación agua/cemento (a/c) igual a 0.70 con una relación arena/piedra 42/58, luego se hallará el agua de diseño para obtener un slump de 4" en el Concreto Patrón (CP) y así observar cómo se comporta el asentamiento al agregar distintos porcentajes de aditivo plastificante Chemaplast, por último, se halla la reducción de agua para cada tipo de relación agua/cemento (a/c) con el objetivo de obtener un asentamiento de 4".

- Agua de diseño

Cuadro N° B.41 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.70

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	1.76	0.52	%
ABS	1.50	0.40	%



Cuadro N° B.42 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 220 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	314.29	0.10	1.00	314.29	1.00	4.068
Agua	220.00	0.22	0.70	216.82	0.69	2.807
Arena	743.54	0.28	2.37	756.66	2.41	9.795
Piedra	1024.43	0.39	3.26	1029.78	3.28	13.330
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2302.27	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		2.8"				

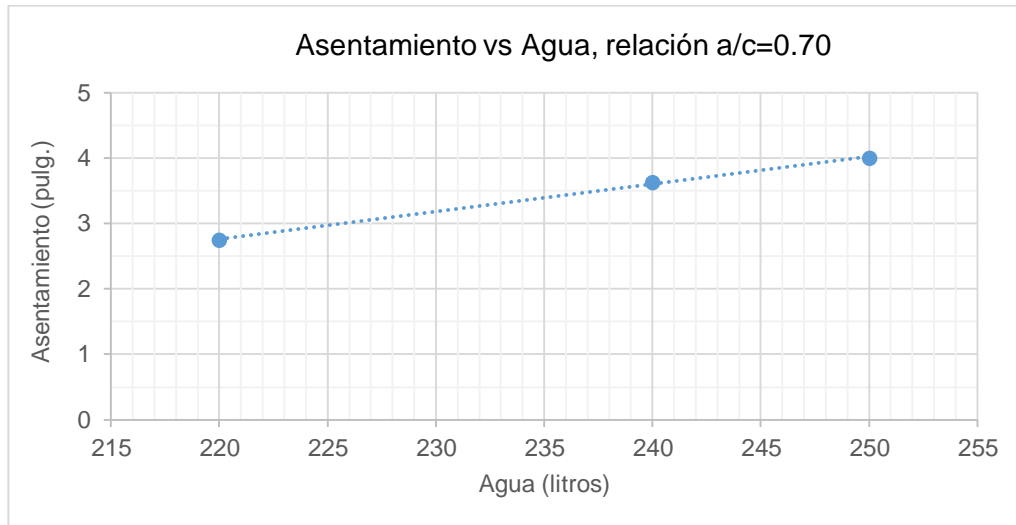
Cuadro N° B.43 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 240 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	342.86	0.11	1.00	342.86	1.00	4.495
Agua	240.00	0.24	0.70	236.96	0.69	3.107
Arena	711.05	0.27	2.07	723.59	2.11	9.487
Piedra	979.66	0.37	2.86	984.78	2.87	12.911
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2273.58	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.6"				

Cuadro N° B.44 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 250 litros de agua de diseño

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	357.14	0.11	1.00	357.14	1.00	4.713
Agua	250.00	0.25	0.70	247.03	0.69	3.260
Arena	694.80	0.26	1.95	707.06	1.98	9.330
Piedra	957.28	0.36	2.68	962.28	2.69	12.698
Aire atrapado	0.015	0.015	-	-	-	-
Sumatoria	2259.24	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4"				

Gráfico N° B.10 Cálculo de la cantidad de agua de diseño para la relación a/c=0.70



Se obtuvo como resultado en el agua de diseño que 250 litros de agua nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.70.

- Concentración de aditivo plastificante

Se utilizaron los siguientes porcentajes de aditivos 0.30%, 0.35%, 0.41% y 0.50% y una reducción de agua igual a 5% obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro N° B.45 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.70

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	2.71	0.29	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.46 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 250 litros de agua de diseño, 0.30% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	357.14	0.11	1.00	357.14	1.00	4.672
Agua	237.50	0.24	0.67	230.04	0.64	3.009
Arena	707.77	0.266	1.98	726.97	2.04	9.510
Piedra	975.16	0.367	2.73	977.97	2.74	12.794
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.07	0.001	0.0030	1.07	0.0030	0.014
Sumatoria	2278.66	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	6"					

Cuadro N° B.47 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 250 litros de agua de diseño, 0.35% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	357.14	0.11	1.00	357.14	1.00	4.673
Agua	237.50	0.24	0.67	230.04	0.64	3.010
Arena	707.61	0.266	1.98	726.80	2.04	9.509
Piedra	974.93	0.367	2.73	977.74	2.74	12.792
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.25	0.001	0.0035	1.25	0.0035	0.016
Sumatoria	2278.44	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	4.3"					

Cuadro N° B.48 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 250 litros de agua de diseño, 0.41% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	357.14	0.11	1.00	357.14	1.00	4.673
Agua	237.50	0.24	0.67	230.04	0.64	3.010
Arena	707.41	0.266	1.98	726.60	2.03	9.507
Piedra	974.65	0.367	2.73	977.46	2.74	12.790
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.46	0.001	0.0041	1.46	0.0041	0.019
Sumatoria	2278.18	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	5.3"					

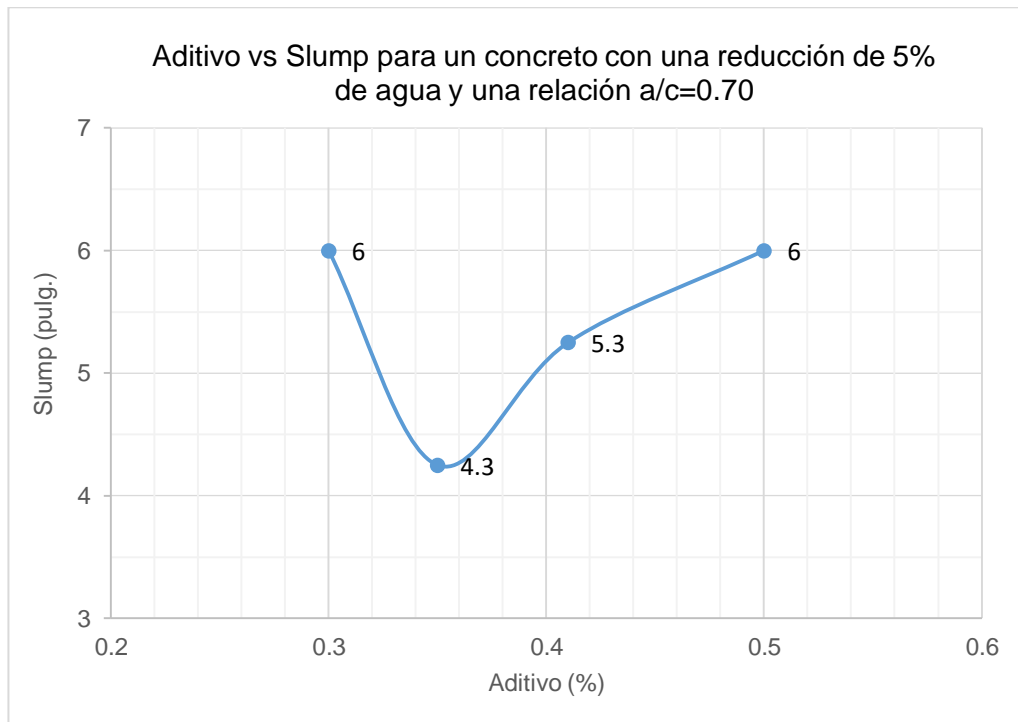
Cuadro N° B.49 Diseño de mezcla para la relación a/c=0.70 con 250 litros de agua de diseño, 0.50% de aditivo plastificante y 5% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	357.14	0.11	1.00	357.14	1.00	4.674
Agua	237.50	0.24	0.67	230.05	0.64	3.011
Arena	707.11	0.266	1.98	726.29	2.03	9.505
Piedra	974.24	0.367	2.73	977.05	2.74	12.787
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0050	1.79	0.0050	0.023
Sumatoria	2277.79	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	6"					

Cuadro N° B.50 Valores slump obtenido de los porcentajes de aditivo de un concreto con una relación a/c=0.70 y una reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño

a/c	Reducción de agua (%)	Porcentaje de aditivo (%)	Slump (pulg.)
0.70	5	0.3	6
		0.35	4.3
		0.41	5.3
		0.5	6

Gráfico N° B.11 Cálculo del porcentaje de aditivo para el concreto con relación a/c=0.70 y reducción de agua de 5% respecto al agua de diseño



Se obtuvo como resultado un porcentaje de aditivo de 0.35% de peso del cemento, que representa 124 ml por bolsa de cemento, con un asentamiento de 4.3".

- Reducción de agua

Se procede a hallar la reducción de agua para los mezclas de concreto con aditivo para las relaciones agua/cemento (a/c) iguales a 0.55, 0.50 y 0.45 con una relación arena/piedra de 45%/55% para así obtener un asentamiento de 4”.

Cuadro N° B.51 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.55

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	2.42	0.26	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.52 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.55 con 6% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	476.00	0.15	1.00	476.00	1.00	6.219
Agua	246.09	0.25	0.52	240.87	0.51	3.147
Arena	702.26	0.264	1.48	719.24	1.51	9.396
Piedra	856.34	0.323	1.80	858.58	1.80	11.217
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035	1.67	0.0035	0.022
Sumatoria	2282.38	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento	6.5"					

Cuadro N° B.53 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.55 con 7% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	476.00	0.15	1.00	476.00	1.00	6.207
Agua	243.47	0.24	0.51	238.22	0.50	3.106
Arena	705.39	0.265	1.48	722.45	1.52	9.420
Piedra	860.17	0.324	1.81	862.41	1.81	11.245
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035	1.67	0.0035	0.022
Sumatoria	2286.72	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		5.5"				

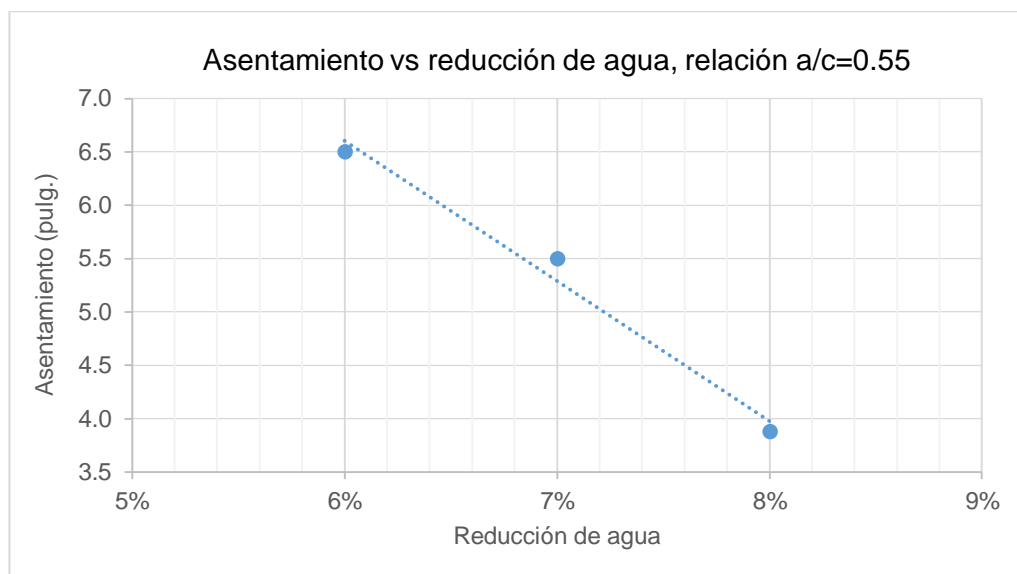
Cuadro N° B.54 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.55 con 8% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	476.00	0.15	1.00	476.00	1.00	6.195
Agua	240.86	0.24	0.51	235.58	0.49	3.066
Arena	708.53	0.266	1.49	725.66	1.52	9.444
Piedra	863.99	0.325	1.82	866.24	1.82	11.274
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035	1.67	0.0035	0.022
Sumatoria	2291.06	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.9"				

Cuadro N° B.55 Valores de reducción de agua y slump para la relación a/c=0.55

a/c	Aditivo (%)	Reducción de agua (%)	Slump (pulg.)
0.55	0.35	6	6.5
		7	5.5
		8	3.9

Gráfico N° B.12 Cálculo de la reducción de agua para la relación a/c=0.55



Se obtuvo como resultado una reducción de agua de 7.98% respecto al agua de diseño, el cual nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.55.

Cuadro N° B.56 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento (a/c) igual a 0.50

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	2.42	0.26	%
ABS	1.50	0.40	%



Cuadro N° B.57 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.50 con 7% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	510.34	0.16	1.00	510.34	1.00	6.610
Agua	237.31	0.24	0.47	232.10	0.45	3.006
Arena	699.60	0.263	1.37	716.52	1.40	9.281
Piedra	853.11	0.321	1.67	855.33	1.68	11.079
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035	1.79	0.0035	0.023
Sumatoria	2302.16	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.1"				

Cuadro N° B.58 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.50 con 8% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	510.34	0.16	1.00	510.34	1.00	6.598
Agua	234.76	0.23	0.46	229.53	0.45	2.968
Arena	702.66	0.264	1.38	719.65	1.41	9.304
Piedra	856.83	0.323	1.68	859.07	1.68	11.107
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035	1.79	0.0035	0.023
Sumatoria	2306.39	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.9"				

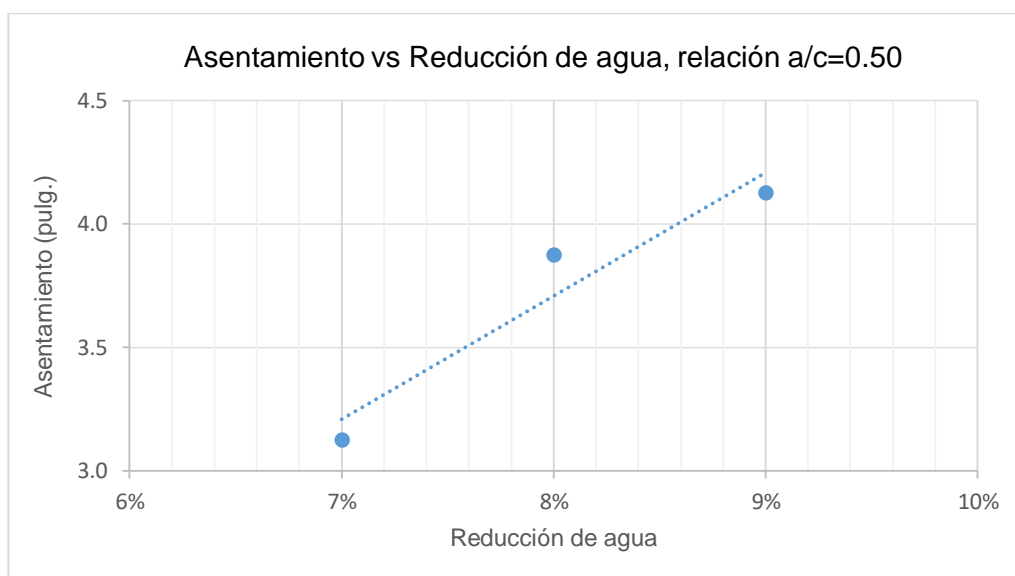
Cuadro N° B.59 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.45 con 9% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	510.34	0.16	1.00	510.34	1.00	6.586
Agua	232.20	0.23	0.46	226.95	0.44	2.929
Arena	705.71	0.265	1.38	722.78	1.42	9.328
Piedra	860.56	0.324	1.69	862.80	1.69	11.135
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035	1.79	0.0035	0.023
Sumatoria	2310.62	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento						4.1"

Cuadro N° B.60 Valores de reducción de agua y slump para la relación a/c=0.50

a/c	Aditivo (%)	Reducción de agua (%)	Slump (pulg.)
0.50	0.35	7%	3.1
		8%	3.9
		9%	4.1

Gráfico N° B.13 Cálculo de la reducción de agua para la relación a/c=0.50



Se obtuvo como resultado una reducción de agua de 8.58% respecto al agua de diseño, el cual nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación  $a/c=0.50$ .

Cuadro N° B.61 Propiedades de la arena y piedra para el diseño de mezcla con aditivo plastificante con una relación agua/cemento ( $a/c$ ) igual a 0.45

Propiedades	Arena	Piedra	Unidad
Pe	2661	2655	kg/m <sup>3</sup>
PUS	1570	1408	kg/m <sup>3</sup>
PUC	1653	1500	kg/m <sup>3</sup>
CH	2.71	0.29	%
ABS	1.50	0.40	%

Cuadro N° B.62 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación  $a/c=0.45$  con 5% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	605.78	0.19	1.00	605.78	1.00	7.924
Agua	258.97	0.26	0.43	252.14	0.42	3.298
Arena	637.04	0.239	1.05	654.33	1.08	8.559
Piedra	776.82	0.293	1.28	779.06	1.29	10.191
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035	2.12	0.0035	0.028
Sumatoria	2280.75	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4.8"				

Cuadro N° B.63 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.45 con 6% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	605.78	0.19	1.00	605.78	1.00	7.908
Agua	256.24	0.26	0.42	249.38	0.41	3.256
Arena	640.31	0.241	1.06	657.68	1.09	8.586
Piedra	780.80	0.294	1.29	783.05	1.29	10.223
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035	2.12	0.0035	0.028
Sumatoria	2285.27	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		4.3"				

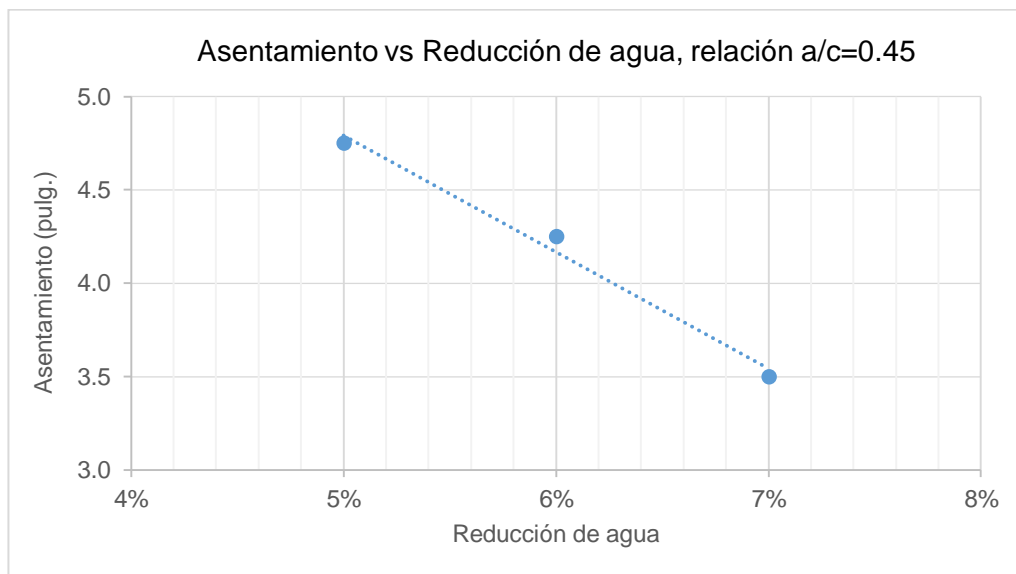
Cuadro N° B.64 Diseño de mezcla con aditivo plastificante para la relación a/c=0.45 con 7% de reducción de agua

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 30 kg (kg)
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco	Peso húmedo (kg)	Peso unitario húmedo	
Cemento	605.78	0.19	1.00	605.78	1.00	7.893
Agua	253.52	0.25	0.42	246.62	0.41	3.213
Arena	643.57	0.242	1.06	661.03	1.09	8.612
Piedra	784.78	0.296	1.30	787.05	1.30	10.254
Aire atrapado	0.015	0.015	-	0.015	-	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035	2.12	0.0035	0.028
Sumatoria	2289.79	1.000	-	-	-	30.00
Asentamiento		3.5"				

Cuadro N° B.65 Valores de reducción de agua y slump para la relación a/c=0.45

a/c	Aditivo (%)	Reducción de agua (%)	Slump (pulg.)
0.45	0.35	5	4.8
		6	4.3
		7	3.5

Gráfico N° B.14 Cálculo de la reducción de agua para la relación a/c=0.45



Se obtuvo como resultado una reducción de agua de 6.27% respecto al agua de diseño, el cual nos proporciona un asentamiento de 4" para una relación a/c=0.45.

- Diseño final del Concreto Patrón con Aditivo (CPA)

Cuadro N° B.66 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación a/c=0.55, porcentaje de aditivo igual a 0.35% y una reducción de agua de 7.98% para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	240.91	0.24	0.51
Arena	708.47	0.266	1.49
Piedra	863.91	0.325	1.81
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035
Sumatoria	2290.97	1.000	-
Asentamiento	4"		

Cuadro N° B.67 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación  $a/c=0.50$ , porcentaje de aditivo igual a 0.35% y una reducción de agua de 8.58% para  $1m^3$  de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto ( $a/c=0.50$ )		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto ( $m^3$ )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.160	1.00
Agua	233.28	0.230	0.46
Arena	704.43	0.265	1.38
Piedra	858.99	0.324	1.68
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035
Sumatoria	2308.84	1.000	-
Asentamiento	4"		

Cuadro N° B.68 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo (CPA) con relación  $a/c=0.45$ , porcentaje de aditivo igual a 0.35% y una reducción de agua de 6.27% para  $1m^3$  de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto ( $a/c=0.45$ )		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto ( $m^3$ )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	255.51	0.26	0.42
Arena	641.19	0.241	1.06
Piedra	781.88	0.294	1.29
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035
Sumatoria	2286.49	1.000	-
Asentamiento	4"		

## DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN CON ADITIVO y MICROMINERAL SIO 400 (CAM5 - CAM10)

Para el diseño de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5) se mantuvo la misma relación del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) añadiendo 5% de Micromineral SIO 400 de peso del cemento.

- Diseño final del Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral SIO 400 al 5% (CAM5)

Cuadro N° B.69 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 5% (CAM5) con relación a/c=0.55 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	240.91	0.24	0.51
Arena	695.97	0.262	1.46
Piedra	848.67	0.320	1.78
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035
Micromineral	23.80	0.010	0.05
Sumatoria	2287.03	1.000	-

Cuadro N° B.70 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 5% (CAM5) con relación a/c=0.50 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.50)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.16	1.00
Agua	233.28	0.23	0.46
Arena	691.03	0.260	1.35
Piedra	842.65	0.317	1.65
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035
Micromineral	25.52	0.011	0.05
Sumatoria	2304.61	1.000	-

Cuadro N° B.71 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 5% (CAM5) con relación a/c=0.45 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.45)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	255.51	0.26	0.42
Arena	625.28	0.235	1.03
Piedra	762.48	0.287	1.26
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035
Micromineral	30.29	0.013	0.05
Sumatoria	2281.47	1.000	-

Para el diseño de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10) se mantuvo la misma relación del Concreto Patrón con Aditivo (CPA) añadiendo 10% de Micromineral SIO 400 de peso del cemento.

- Diseño final del Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral SIO 400 al 10% (CAM10)

Cuadro N° B.72 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 10% (CAM10) con relación a/c=0.55 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.55)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	476.00	0.15	1.00
Agua	240.91	0.24	0.51
Arena	683.46	0.257	1.44
Piedra	833.43	0.314	1.75
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.67	0.001	0.0035
Micromineral	47.60	0.021	0.10
Sumatoria	2283.08	1.000	-



Cuadro N° B.73 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 10% (CAM10) con relación a/c=0.50 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.50)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	510.34	0.16	1.00
Agua	233.28	0.23	0.46
Arena	677.63	0.255	1.33
Piedra	826.31	0.311	1.62
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	1.79	0.001	0.0035
Micromineral	51.03	0.022	0.10
Sumatoria	2300.38	1.000	-

Cuadro N° B.74 Diseño final de la mezcla de Concreto Patrón con Aditivo y Micromineral al 10% (CAM10) con relación a/c=0.45 para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Dosificación por metro cúbico de concreto (a/c=0.45)		
	Peso seco (kg)	Volumen absoluto (m <sup>3</sup> )	Peso unitario seco
Cemento	605.78	0.19	1.00
Agua	255.51	0.26	0.42
Arena	609.37	0.229	1.01
Piedra	743.08	0.280	1.23
Aire atrapado	0.015	0.015	-
Aditivo	2.12	0.002	0.0035
Micromineral	60.58	0.027	0.10
Sumatoria	2276.45	1.000	-

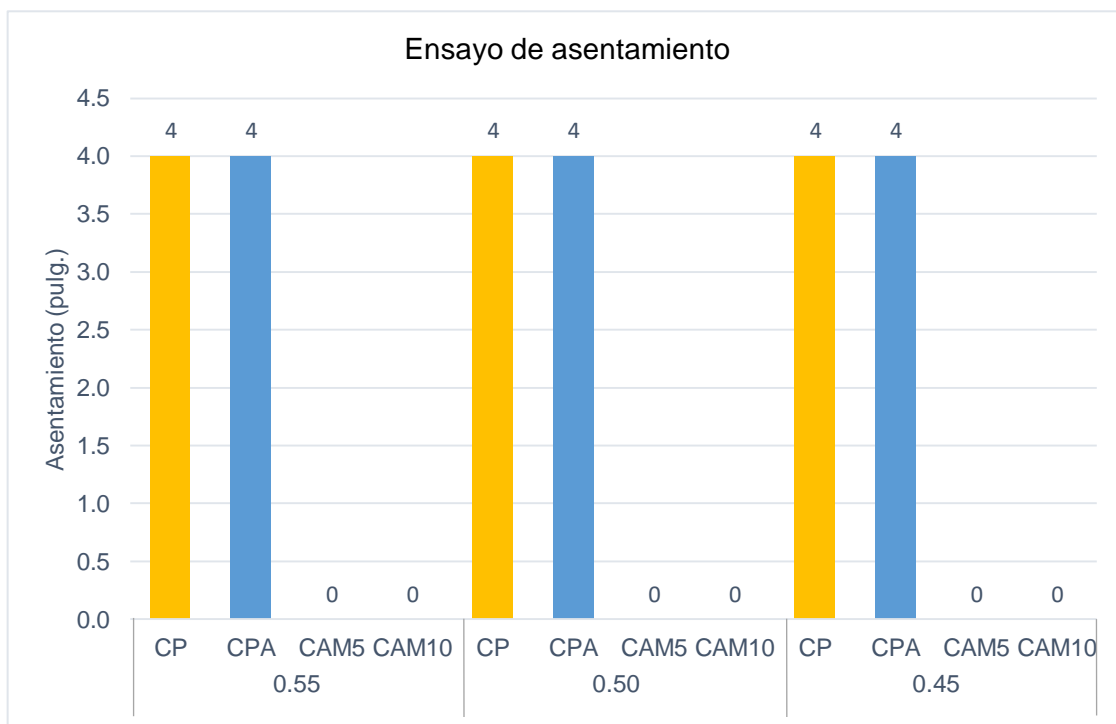
## ANEXO C: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### CONSISTENCIA

Cuadro N° C.1 Valores del ensayo de asentamiento

a/c	Diseño de mezcla	Slump (pulg.)
0.55	CP	4
	CPA	4
	CAM5	0
	CAM10	0
0.50	CP	4
	CPA	4
	CAM5	0
	CAM10	0
0.45	CP	4
	CPA	4
	CAM5	0
	CAM10	0

Gráfico N° C.1 Ensayo de asentamiento para las mezclas de concreto

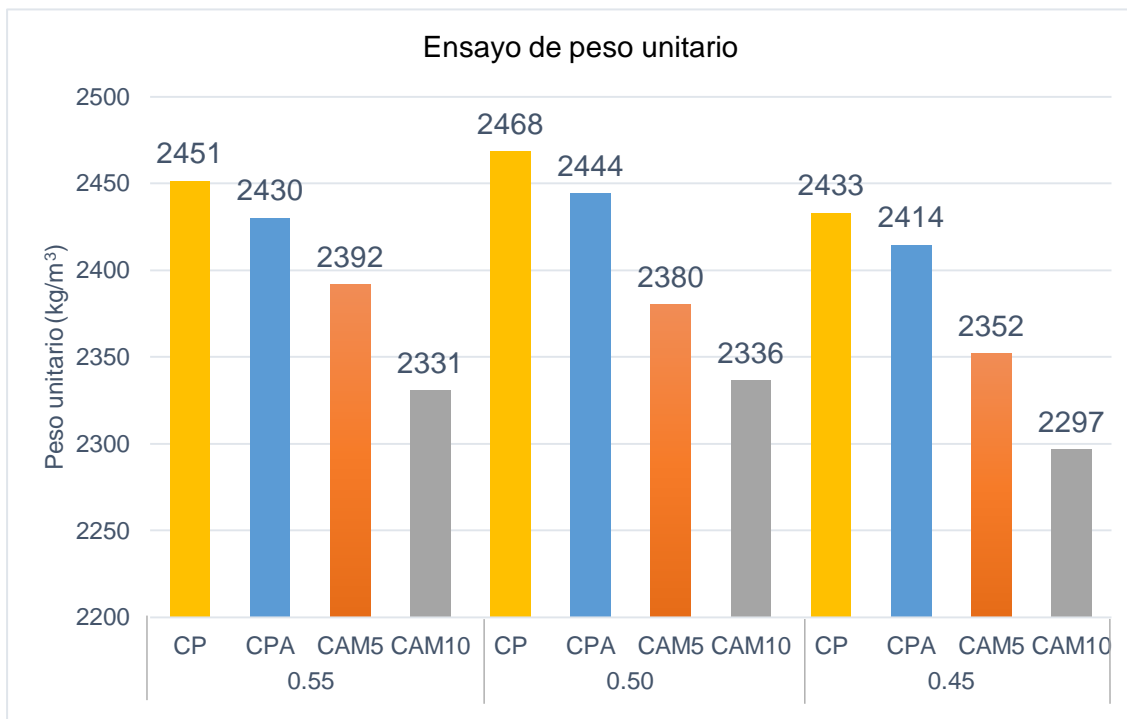


## PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Cuadro N° C.2 Valores del ensayo de peso unitario del concreto

a/c	Diseño de mezcla	Peso tara + concreto (kg)	Peso tara (kg)	Peso de concreto (kg)	Volumen de la tara (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )
0.55	CP	19.7	2.42	17.28	0.007	2451
	CPA	19.55	2.42	17.13	0.007	2430
	CAM5	19.28	2.42	16.86	0.007	2392
	CAM10	18.85	2.42	16.43	0.007	2331
0.50	CP	19.82	2.42	17.4	0.007	2468
	CPA	19.65	2.42	17.23	0.007	2444
	CAM5	19.2	2.42	16.78	0.007	2380
	CAM10	18.89	2.42	16.47	0.007	2336
0.45	CP	19.57	2.42	17.15	0.007	2433
	CPA	19.44	2.42	17.02	0.007	2414
	CAM5	19	2.42	16.58	0.007	2352
	CAM10	18.61	2.42	16.19	0.007	2297

Gráfico N° C.2 Ensayo de peso unitario para las mezclas de concreto

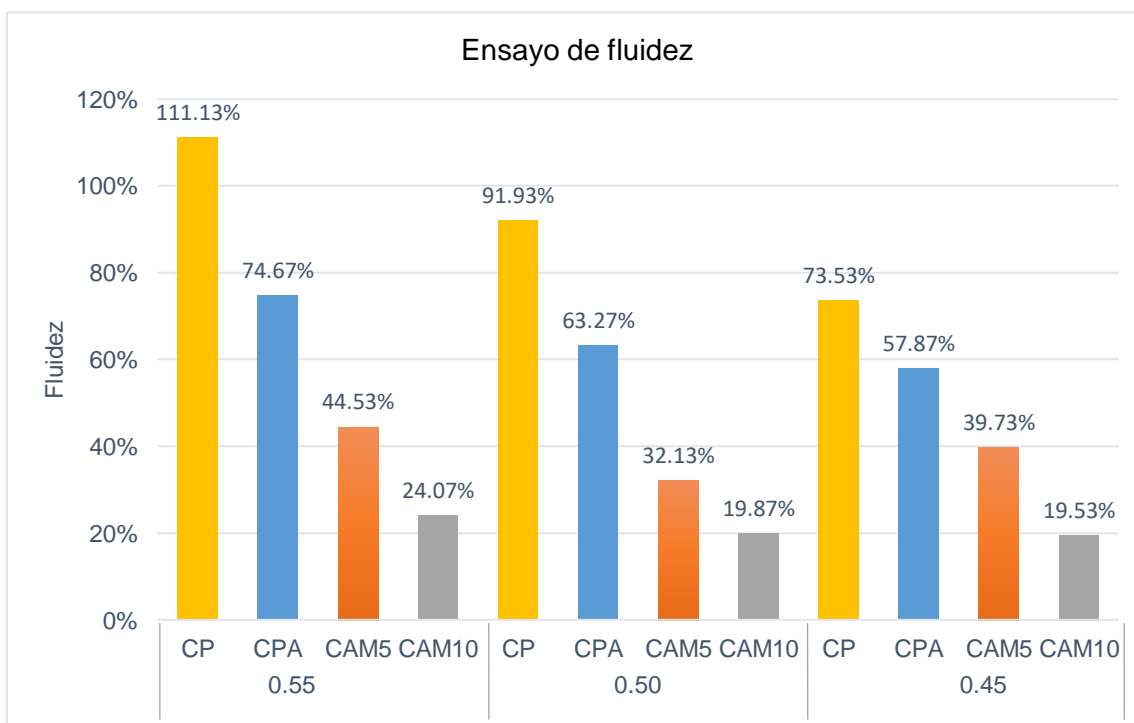


## FLUIDEZ

Cuadro N° C.3 Valores del ensayo de fluidez

a/c	Diseño de mezcla	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Diámetro promedio	Fluidez (%)
0.55	CP	53.2	53.1	52.9	52	52	53.5	52.78	111.13%
	CPA	43	44	43.6	43.6	43.3	44.5	43.67	74.67%
	CAM5	36.2	36.6	36.5	35	37	35.5	36.13	44.53%
	CAM10	30.4	30.5	32	30.1	31.4	31.7	31.02	24.07%
0.50	CP	48.2	48.1	46.8	49.2	48	47.6	47.98	91.93%
	CPA	41.7	41.1	40	39.9	41.7	40.5	40.82	63.27%
	CAM5	33.2	32.3	32.5	33.4	33.2	33.6	33.03	32.13%
	CAM10	30.4	29.6	30.3	29.3	30.4	29.8	29.97	19.87%
0.45	CP	43	44.9	43.5	42.5	43.1	43.3	43.38	73.53%
	CPA	39.8	41	38.8	39.8	38.9	38.5	39.47	57.87%
	CAM5	35.5	34.5	36.4	35	32.9	35.3	34.93	39.73%
	CAM10	30	30.4	29.9	29.6	30	29.4	29.88	19.53%

Gráfico N° C.3 Ensayo de fluidez para las mezclas de concreto

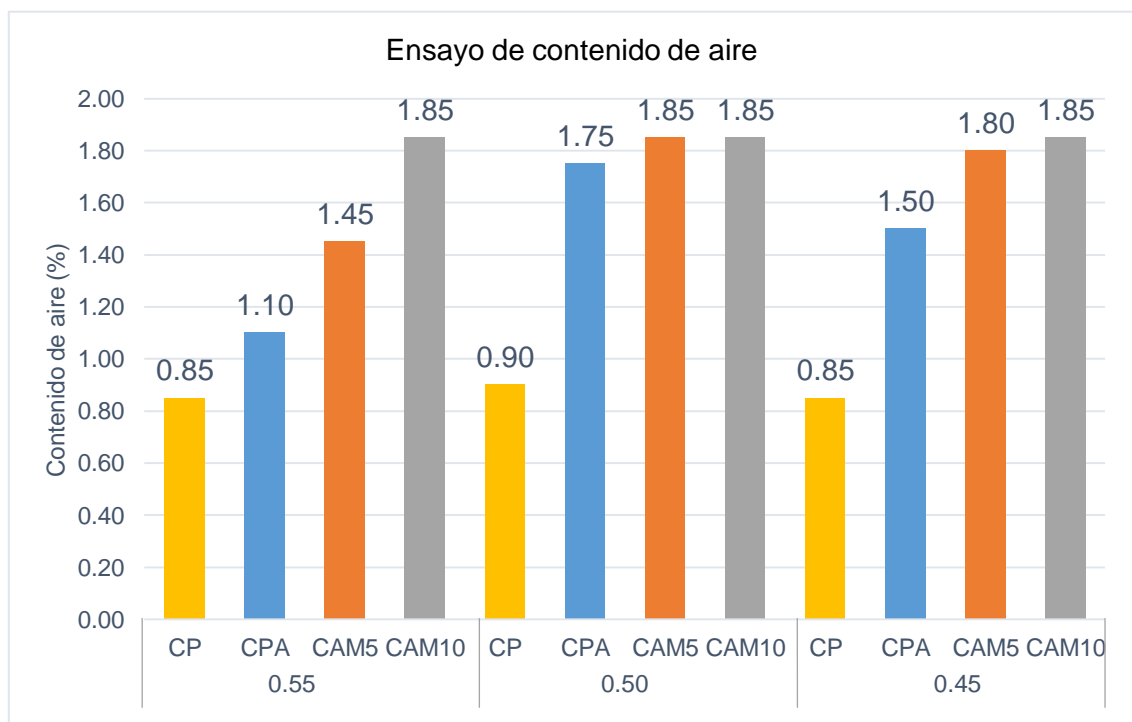


## CONTENIDO DE AIRE

Cuadro N° C.4 Valores del ensayo de contenido de aire

a/c	Diseño de mezcla	Porcentaje de aire (%)
0.55	CP	0.85
	CPA	1.10
	CAM5	1.45
	CAM10	1.85
0.50	CP	0.90
	CPA	1.75
	CAM5	1.85
	CAM10	1.85
0.45	CP	0.85
	CPA	1.50
	CAM5	1.80
	CAM10	1.85

Gráfico N° C.4 Ensayo de contenido de aire para las mezclas de concreto



## EXUDACIÓN

Cuadro N° C.5 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.55

Diseño: CP			
a/c=0.55			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.29	w (kg)	3.36
Agua neta	3.36	W (kg)	30.00
Arena	9.30	S (kg)	8.42
Piedra	11.05	C (g)	943.04
Aditivo	-	D (cm <sup>3</sup> )	31.2
Micromineral	-	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.6 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.55

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	2.2	2.2
0 h : 20 m	4	6.2
0 h : 30 m	5	11.2
0 h : 40 m	4	15.2
1 h : 10 m	8	23.2
1 h : 40 m	6	29.2
2 h : 10 m	2	31.2
2 h : 40 m	0	31.2
3 h : 10 m	-	31.2
3 h : 40 m	-	31.2
Exudación (%)		3.31

Cuadro N° C.7 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CPA y relación  $a/c=0.55$

Diseño: CPA			
$a/c=0.55$			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.34	w (kg)	3.12
Agua neta	3.12	W (kg)	30.00
Arena	9.37	S (kg)	7.89
Piedra	11.15	C (g)	820.51
Aditivo	0.022	D (cm <sup>3</sup> )	15.4
Micromineral	-	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.8 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CPA y relación  $a/c=0.55$

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	0.6	0.6
0 h : 20 m	1.4	2
0 h : 30 m	2.2	4.2
0 h : 40 m	0.6	4.8
1 h : 10 m	4.8	9.6
1 h : 40 m	2.9	12.5
2 h : 10 m	2.9	15.4
2 h : 40 m	0	15.4
3 h : 10 m	-	15.4
3 h : 40 m	-	15.4
Exudación (%)		1.88

Cuadro N° C.9 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM5 y relación a/c=0.55

Diseño: CAM5			
a/c=0.55			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.28	w (kg)	3.08
Agua neta	3.08	W (kg)	30.00
Arena	9.28	S (kg)	9.35
Piedra	11.03	C (g)	959.87
Aditivo	0.022	D (cm <sup>3</sup> )	16.1
Micromineral	0.31	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.10 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM5 y relación a/c=0.55

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	1	1
0 h : 20 m	1.3	2.3
0 h : 30 m	1.9	4.2
0 h : 40 m	1.8	6
1 h : 10 m	3.8	9.8
1 h : 40 m	4	13.8
2 h : 10 m	1.7	15.5
2 h : 40 m	0.6	16.1
3 h : 10 m	0	16.1
3 h : 40 m	-	16.1
Exudación (%)		1.68



Cuadro N° C.11 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM10 y relación a/c=0.55

Diseño: CAM10			
a/c=0.55			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.21	w (kg)	2.9
Agua neta	2.90	W (kg)	30.00
Arena	9.32	S (kg)	8.57
Piedra	10.93	C (g)	828.38
Aditivo	0.022	D (cm <sup>3</sup> )	7.5
Micromineral	0.620	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.12 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM10 y relación a/c=0.55

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	0	0
0 h : 20 m	0	0
0 h : 30 m	1	1
0 h : 40 m	0.9	1.9
1 h : 10 m	2.8	4.7
1 h : 40 m	1.8	6.5
2 h : 10 m	0.8	7.3
2 h : 40 m	0.2	7.5
3 h : 10 m	0	7.5
3 h : 40 m	-	7.5
Exudación (%)		0.91

Cuadro N° C.13 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.50

Diseño: CP			
a/c=0.50			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.69	w (kg)	3.25
Agua neta	3.25	W (kg)	30.00
Arena	9.17	S (kg)	8.38
Piedra	10.89	C (g)	907.83
Aditivo	-	D (cm <sup>3</sup> )	25.8
Micromineral	-	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.14 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.50

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	0	0
0 h : 20 m	3.7	3.7
0 h : 30 m	5	8.7
0 h : 40 m	3.4	12.1
1 h : 10 m	7.2	19.3
1 h : 40 m	5.5	24.8
2 h : 10 m	1	25.8
2 h : 40 m	0	25.8
3 h : 10 m	-	25.8
3 h : 40 m	-	25.8
Exudación (%)		2.84

Cuadro N° C.15 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CPA y relación  $a/c=0.50$

Diseño: CPA			
$a/c=0.50$			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.75	w (kg)	2.99
Agua neta	2.99	W (kg)	30.00
Arena	9.25	S (kg)	8.65
Piedra	10.99	C (g)	862.00
Aditivo	0.024	D (cm <sup>3</sup> )	14.7
Micromineral	-	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.16 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CPA y relación  $a/c=0.50$

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	3.1	3.1
0 h : 20 m	2	5.1
0 h : 30 m	2.1	7.2
0 h : 40 m	2.1	9.3
1 h : 10 m	3.2	12.5
1 h : 40 m	1.2	13.7
2 h : 10 m	1	14.7
2 h : 40 m	0	14.7
3 h : 10 m	-	14.7
3 h : 40 m	-	14.7
Exudación (%)		1.71

Cuadro N° C.17 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM5 y relación a/c=0.50

Diseño: CAM5			
a/c=0.50			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.67	w (kg)	2.96
Agua neta	2.96	W (kg)	30.00
Arena	9.16	S (kg)	9.16
Piedra	10.86	C (g)	903.70
Aditivo	0.023	D (cm <sup>3</sup> )	11.7
Micromineral	0.33	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.18 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM5 y relación a/c=0.50

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	1.6	1.6
0 h : 20 m	1.1	2.7
0 h : 30 m	1	3.7
0 h : 40 m	1.1	4.8
1 h : 10 m	4	8.8
1 h : 40 m	1.8	10.6
2 h : 10 m	1.1	11.7
2 h : 40 m	0	11.7
3 h : 10 m	-	11.7
3 h : 40 m	-	11.7
Exudación (%)		1.29

Cuadro N° C.19 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM10 y relación a/c=0.50

Diseño: CAM10			
a/c=0.50			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	6.60	w (kg)	2.78
Agua neta	2.78	W (kg)	30.00
Arena	9.18	S (kg)	8.82
Piedra	10.76	C (g)	817.24
Aditivo	0.023	D (cm <sup>3</sup> )	4.5
Micromineral	0.66	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.20 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM10 y relación a/c=0.50

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	0.6	0.6
0 h : 20 m	0.4	1
0 h : 30 m	0.2	1.2
0 h : 40 m	0.4	1.6
1 h : 10 m	1	2.6
1 h : 40 m	1	3.6
2 h : 10 m	0.6	4.2
2 h : 40 m	0.3	4.5
3 h : 10 m	0	4.5
3 h : 40 m	-	4.5
Exudación (%)		0.55

Cuadro N° C.21 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.45

Diseño: CP			
a/c=0.45			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	8.00	w (kg)	3.51
Agua neta	3.51	W (kg)	30.00
Arena	8.45	S (kg)	9.00
Piedra	10.04	C (g)	1053.00
Aditivo	-	D (cm <sup>3</sup> )	29.7
Micromineral	-	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.22 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CP y relación a/c=0.45

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	2.7	2.7
0 h : 20 m	3.2	5.9
0 h : 30 m	5	10.9
0 h : 40 m	1.2	12.1
1 h : 10 m	7.6	19.7
1 h : 40 m	7	26.7
2 h : 10 m	3	29.7
2 h : 40 m	-	29.7
3 h : 10 m	-	29.7
3 h : 40 m	-	29.7
Exudación (%)		2.82

Cuadro N° C.23 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CPA y relación a/c=0.45

Diseño: CPA			
a/c=0.45			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	8.05	w (kg)	3.31
Agua neta	3.31	W (kg)	30.00
Arena	8.50	S (kg)	8.84
Piedra	10.11	C (g)	975.41
Aditivo	0.028	D (cm <sup>3</sup> )	16.2
Micromineral	-	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.24 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CPA y relación a/c=0.45

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	1.1	1.1
0 h : 20 m	1.1	2.2
0 h : 30 m	2.2	4.4
0 h : 40 m	2	6.4
1 h : 10 m	4.6	11
1 h : 40 m	3	14
2 h : 10 m	1.8	15.8
2 h : 40 m	0.4	16.2
3 h : 10 m	0	16.2
3 h : 40 m	-	16.2
Exudación (%)		1.66

Cuadro N° C.25 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM5 y relación a/c=0.45

Diseño: CAM5			
a/c=0.45			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	7.94	w (kg)	3.27
Agua neta	3.27	W (kg)	30.00
Arena	8.40	S (kg)	8.85
Piedra	9.96	C (g)	964.71
Aditivo	0.028	D (cm <sup>3</sup> )	7.2
Micromineral	0.4	Temperatura 25°C	
Total (tanda)	30.00		

Cuadro N° C.26 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM5 y relación a/c=0.45

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	1.2	1.2
0 h : 20 m	0.7	1.9
0 h : 30 m	0.7	2.6
0 h : 40 m	0.8	3.4
1 h : 10 m	2	5.4
1 h : 40 m	1.7	7.1
2 h : 10 m	0.1	7.2
2 h : 40 m	0	7.2
3 h : 10 m	-	7.2
3 h : 40 m	-	7.2
Exudación (%)		0.75



Cuadro N° C.27 Datos para el ensayo de exudación para el diseño CAM10 y relación a/c=0.45

Diseño: CAM10			
a/c=0.45			
Diseño de mezcla		Datos para la exudación	
Componentes	Peso (kg)	Variables	Cantidad
Cemento	7.84	w (kg)	3.08
Agua neta	3.08	W (kg)	30.00
Arena	8.41	S (kg)	8.17
Piedra	9.86	C (g)	838.79
Aditivo	0.027	D (cm <sup>3</sup> )	2.1
Micromineral	0.783	Temperatura 25°C	
TOTAL (tanda)	30.00		

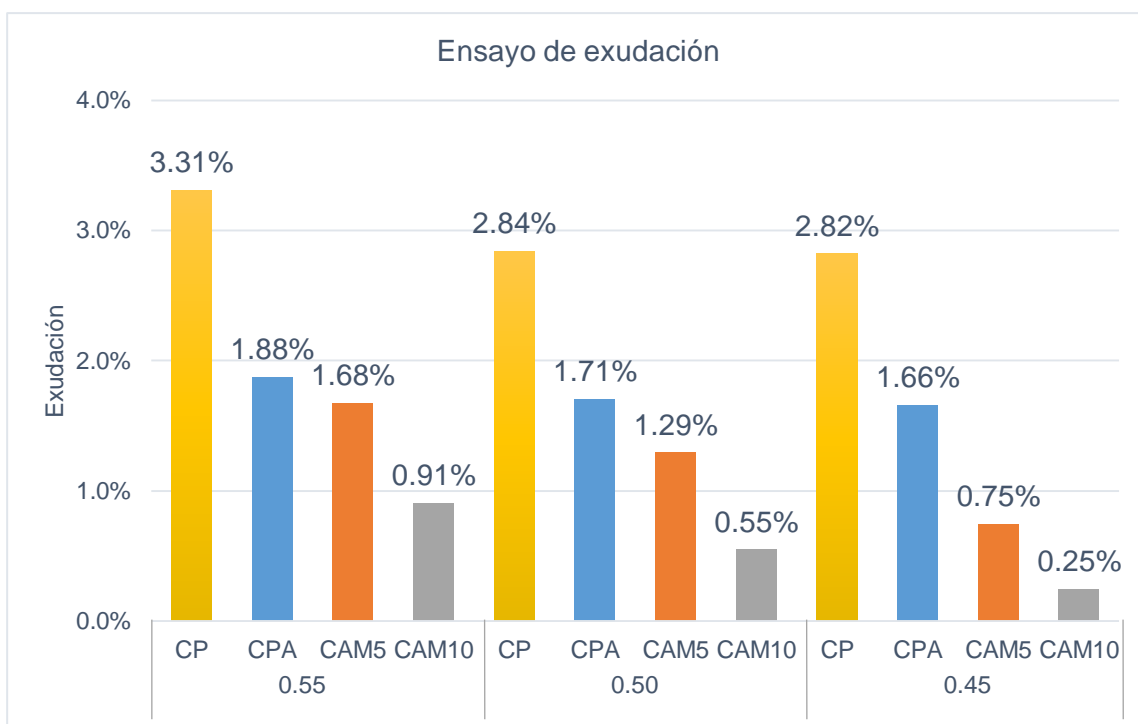
Cuadro N° C.28 Volumen de agua segregada y tiempo de exudación para el diseño CAM10 y relación a/c=0.45

Tiempo	Volumen parcial (cm <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (cm <sup>3</sup> )
0 h : 10 m	0	0
0 h : 20 m	0.3	0.3
0 h : 30 m	0.4	0.7
0 h : 40 m	0.4	1.1
1 h : 10 m	0.4	1.5
1 h : 40 m	0.5	2
2 h : 10 m	0.1	2.1
2 h : 40 m	0	2.1
3 h : 10 m	-	2.1
3 h : 40 m	-	2.1
Exudación (%)		0.25

Cuadro N° C.29 Valores del ensayo de exudación

a/c	Diseño de mezcla	Exudación (%)
0.55	CP	3.31
	CPA	1.88
	CAM5	1.68
	CAM10	0.91
0.50	CP	2.84
	CPA	1.71
	CAM5	1.29
	CAM10	0.55
0.45	CP	2.82
	CPA	1.66
	CAM5	0.75
	CAM10	0.25

Gráfico N° C.5 Ensayo de exudación para las mezclas de concreto

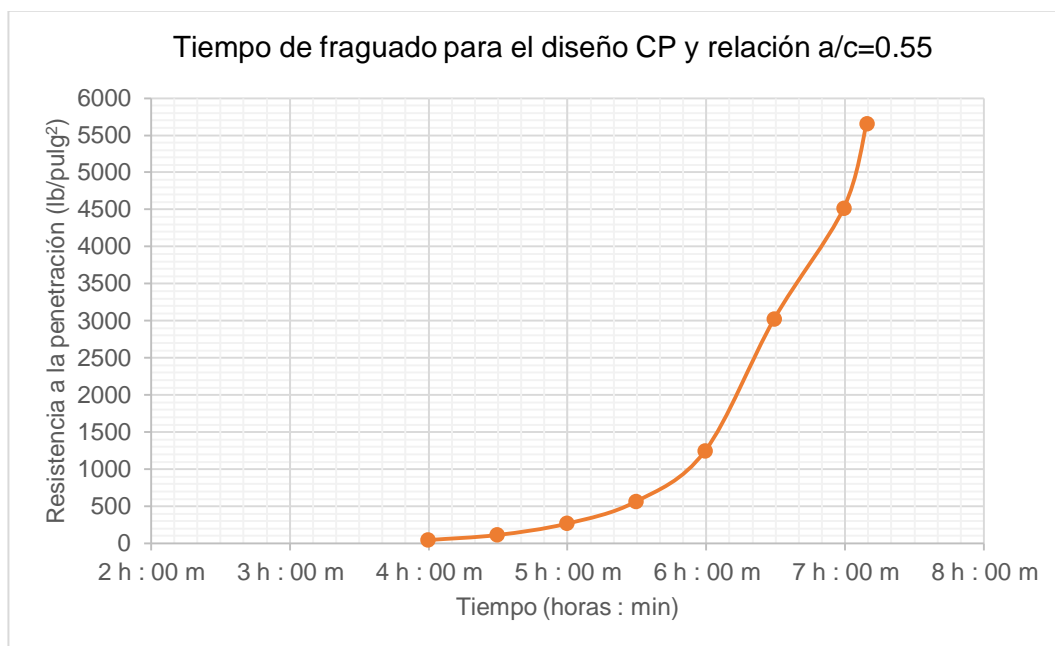


## TIEMPO DE FRAGUA

Cuadro N° C.30 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.55

DISEÑO: CP							
a/c=0.55							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
4 h : 00 m	1 1/16	0.88664	39	41	43.99	46.24	45.11
4 h : 30 m	3/4	0.44179	50	50	113.18	113.18	113.18
5 h : 00 m	1/2	0.19635	50	54	254.65	275.02	264.83
5 h : 30 m	3/8	0.11045	62	62	561.36	561.36	561.36
6 h : 00 m	1/4	0.04909	62	60	1263.05	1222.31	1242.68
6 h : 30 m	3/16	0.02761	80	87	2897.33	3150.84	3024.09
7 h : 00 m	3/16	0.02761	125	124	4527.07	4490.86	4508.97
7 h : 10 m	3/16	0.02761	154	158	5577.36	5722.22	5649.79

Gráfico N° C.6 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.55



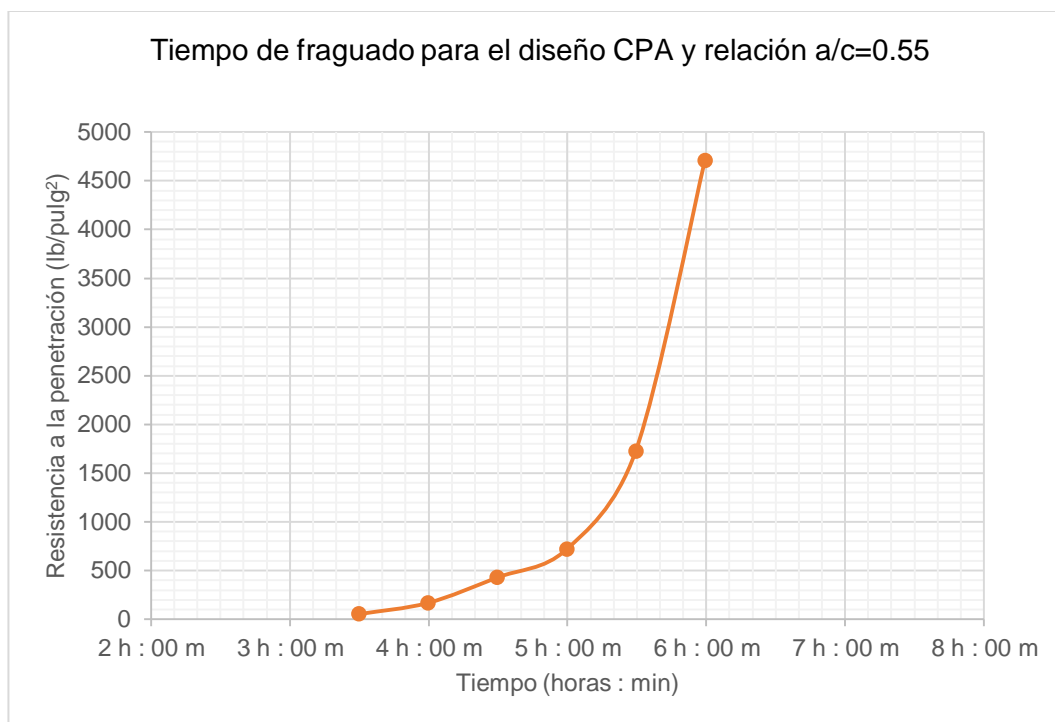
Cuadro N° C.31 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.55

Tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.55	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 25 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	6 h : 50 m

Cuadro N° C.32 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.55

DISEÑO: CPA							
a/c=0.55							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
3 h : 30 m	1 1/16	0.88664	45	47	50.75	53.01	51.88
4 h : 00 m	3/4	0.44179	74	74	167.50	167.50	167.50
4 h : 30 m	1/2	0.19635	83	85	422.72	432.90	427.81
5 h : 00 m	3/8	0.11045	77	81	697.17	733.39	715.28
5 h : 30 m	1/4	0.04909	87	82	1772.35	1670.49	1721.42
6 h : 00 m	3/16	0.02761	132	128	4780.59	4635.72	4708.16

Gráfico N° C.7 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.55



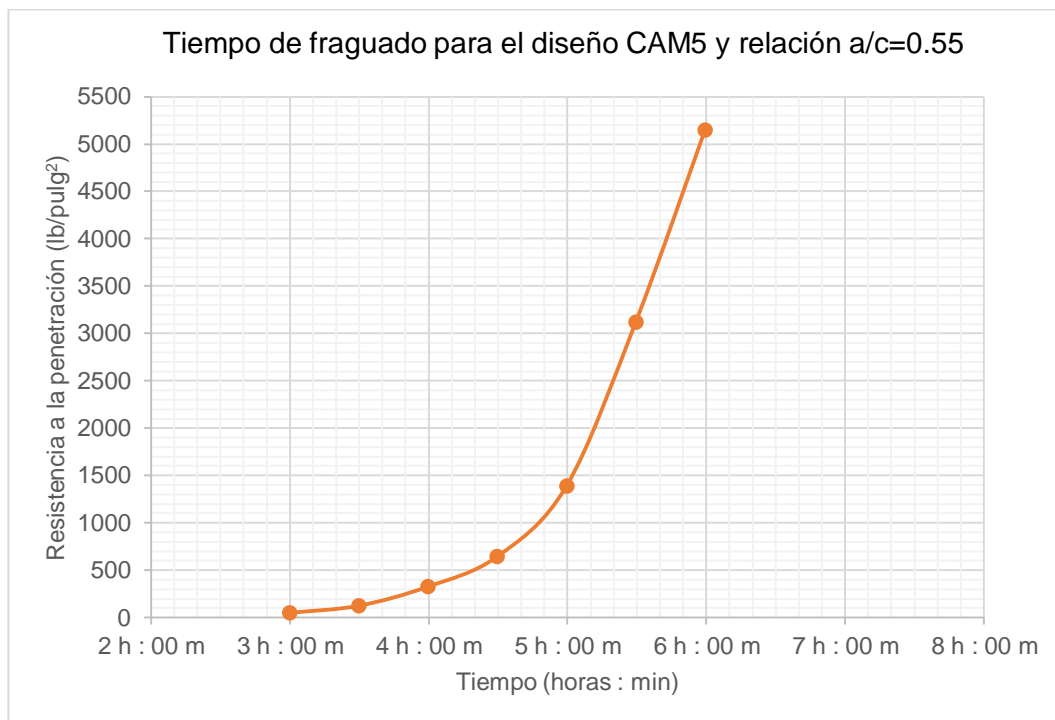
Cuadro N° C.33 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.55

Tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.55	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	4 h : 40 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 52 m

Cuadro N° C.34 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.55$

DISEÑO: CAM5							
$a/c=0.55$							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
3 h : 00 m	1 1/16	0.88664	44	44	49.63	49.63	49.63
3 h : 30 m	3/4	0.44179	54	56	122.23	126.76	124.49
4 h : 00 m	1/2	0.19635	64	64	325.95	325.95	325.95
4 h : 30 m	3/8	0.11045	72	70	651.90	633.79	642.84
5 h : 00 m	1/4	0.04909	70	66	1426.03	1344.54	1385.28
5 h : 30 m	3/16	0.02761	88	84	3187.06	3042.19	3114.63
6 h : 00 m	3/16	0.02761	138	146	4997.89	5287.62	5142.76

Gráfico N° C.8 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.55$



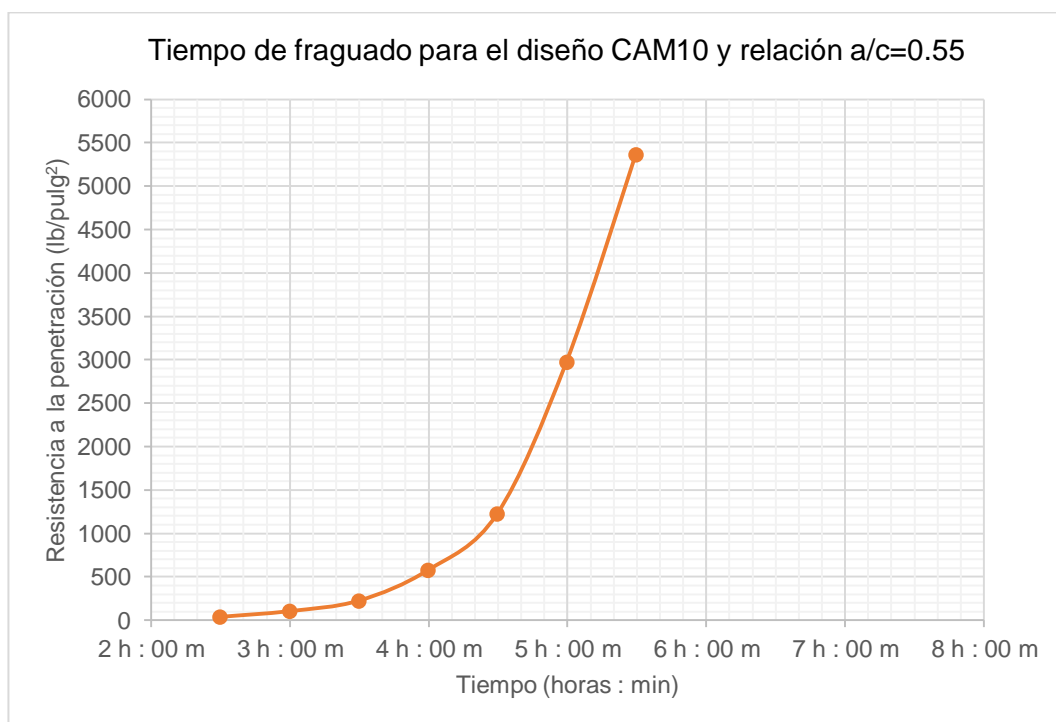
Cuadro N° C.35 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.55$

Tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.55$	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	4 h : 19 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 42 m

Cuadro N° C.36 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.55$

DISEÑO: CAM10							
$a/c=0.55$							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
2 h : 30 m	1 1/16	0.88664	33	35	37.22	39.47	38.35
3 h : 00 m	3/4	0.44179	43	49	97.33	110.91	104.12
3 h : 30 m	1/2	0.19635	44	44	224.09	224.09	224.09
4 h : 00 m	3/8	0.11045	64	63	579.47	570.41	574.94
4 h : 30 m	1/4	0.04909	63	57	1283.43	1161.19	1222.31
5 h : 00 m	3/16	0.02761	82	82	2969.76	2969.76	2969.76
5 h : 30 m	3/16	0.02761	150	146	5432.49	5287.62	5360.06

Gráfico N° C.9 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.55$



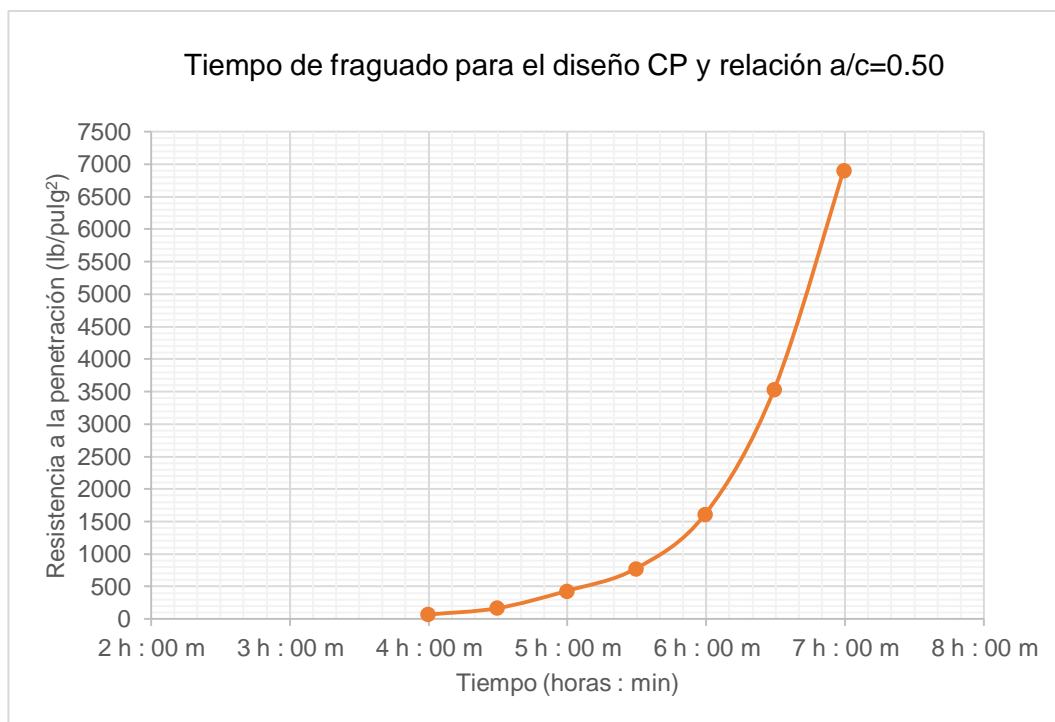
Cuadro N° C.37 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.55$

Tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.55$	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	3 h : 55 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 12 m

Cuadro N° C.38 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.50

DISEÑO: CP							
a/c=0.50							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
4 h : 00 m	1 1/16	0.88664	60	60	67.67	67.67	67.67
4 h : 30 m	3/4	0.44179	72	74	162.97	167.50	165.24
5 h : 00 m	1/2	0.19635	85	84	432.90	427.81	430.35
5 h : 30 m	3/8	0.11045	86	85	778.66	769.60	774.13
6 h : 00 m	1/4	0.04909	78	80	1589.00	1629.75	1609.37
6 h : 30 m	3/16	0.02761	101	94	3657.88	3404.36	3531.12
7 h : 00 m	3/16	0.02761	190	191	6881.15	6917.37	6899.26

Gráfico N° C.10 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.50



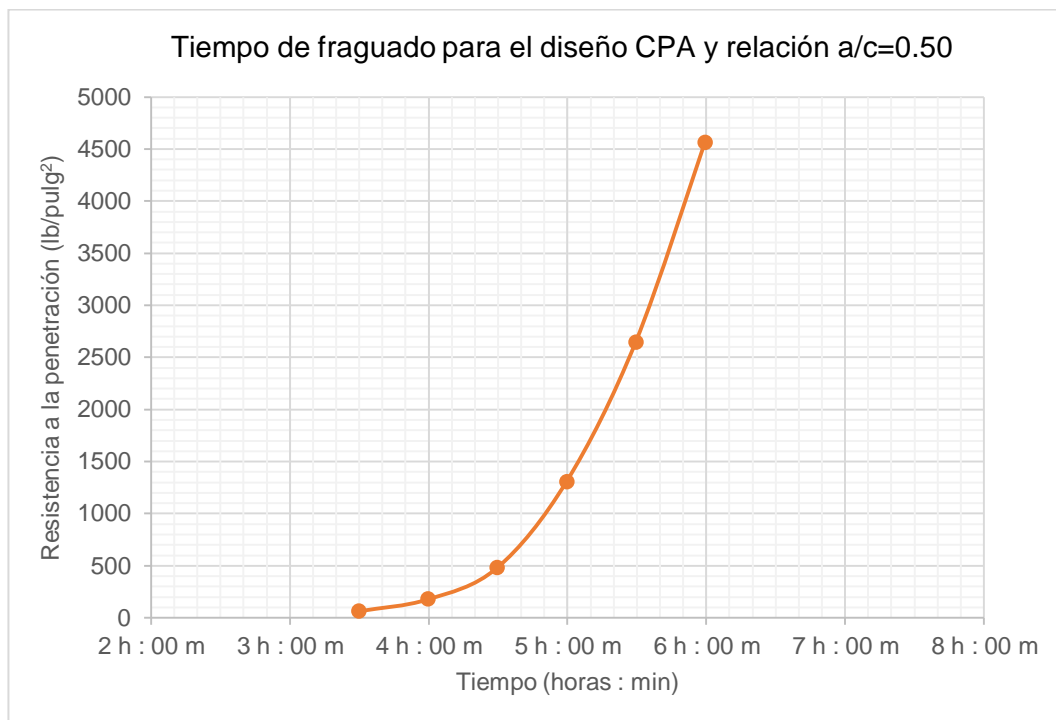
Cuadro N° C.39 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.50

Tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.50	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 08 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	6 h : 34 m

Cuadro N° C.40 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.50

DISEÑO: CPA							
a/c=0.50							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
3 h : 30 m	1 1/16	0.88664	54	56	60.90	63.16	62.03
4 h : 00 m	3/4	0.44179	78	78	176.56	176.56	176.56
4 h : 30 m	1/2	0.19635	92	96	468.55	488.92	478.74
5 h : 00 m	1/4	0.04909	66	62	1344.54	1263.05	1303.80
5 h : 30 m	3/16	0.02761	72	74	2607.59	2680.03	2643.81
6 h : 00 m	3/16	0.02761	128	124	4635.72	4490.86	4563.29

Gráfico N° C.11 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.50



Cuadro N° C.41 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.50

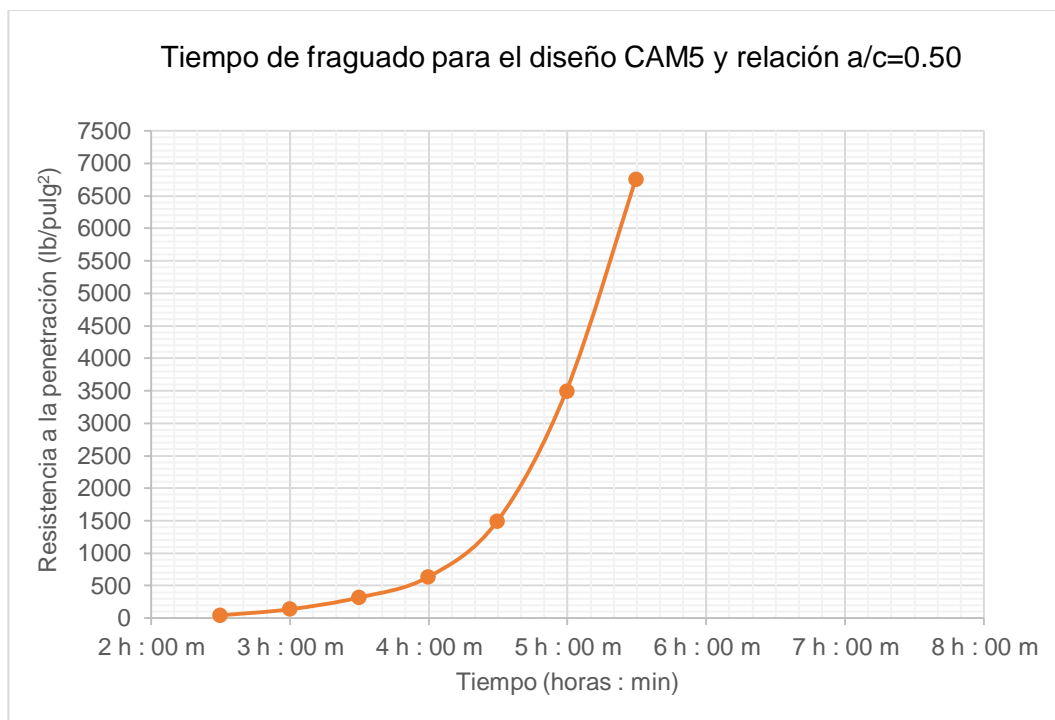
Tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.50	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	4 h : 31 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 51 m



Cuadro N° C.42 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.50$

DISEÑO: CAM5							
$a/c=0.50$							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
2 h : 30 m	1 1/16	0.88664	37	39	41.73	43.99	42.86
3 h : 00 m	3/4	0.44179	58	62	131.29	140.34	135.81
3 h : 30 m	1/2	0.19635	62	62	315.76	315.76	315.76
4 h : 00 m	3/8	0.11045	72	67	651.90	606.63	629.26
4 h : 30 m	1/4	0.04909	74	72	1507.52	1466.77	1487.14
5 h : 00 m	3/16	0.02761	93	100	3368.14	3621.66	3494.90
5 h : 30 m	3/16	0.02761	188	185	6808.72	6700.07	6754.39

Gráfico N° C.12 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.50$



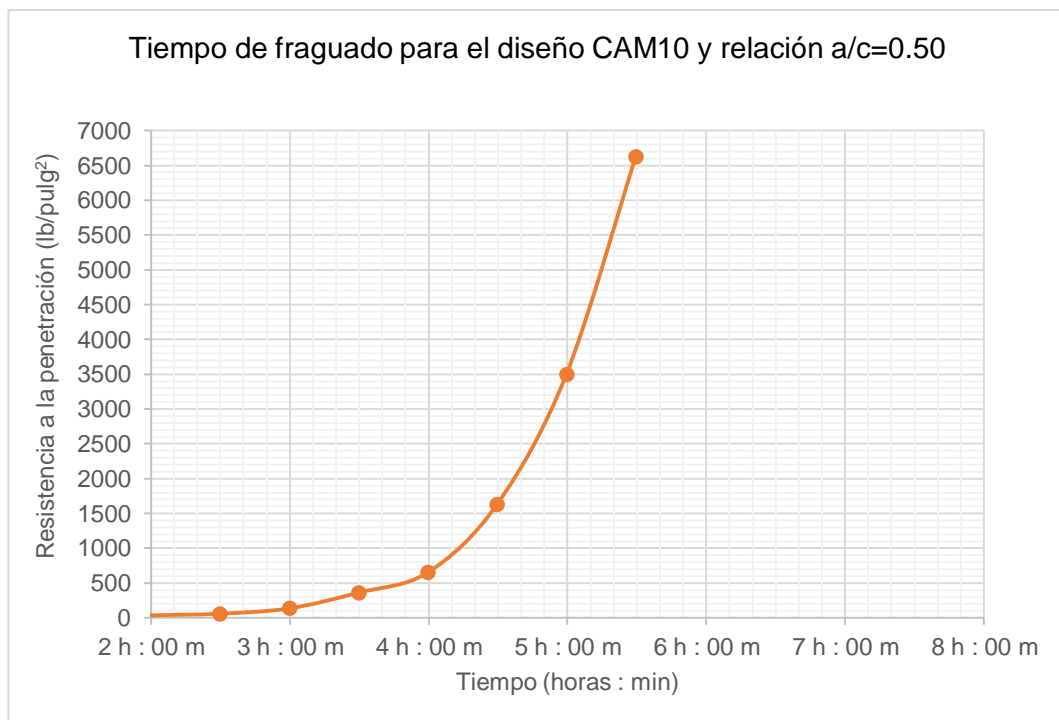
Cuadro N° C.43 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.50$

Tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.50$	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	3 h : 51 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 05 m

Cuadro N° C.44 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.50$

DISEÑO: CAM10							
$a/c=0.50$							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
2 h : 00 m	1 1/16	0.88664	31	33	34.96	37.22	36.09
2 h : 30 m	1 1/16	0.88664	50	56	56.39	63.16	59.78
3 h : 00 m	3/4	0.44179	59	61	133.55	138.08	135.81
3 h : 30 m	1/2	0.19635	66	76	336.14	387.06	361.60
4 h : 00 m	3/8	0.11045	68	76	615.68	688.12	651.90
4 h : 30 m	1/4	0.04909	81	79	1650.12	1609.37	1629.75
5 h : 00 m	3/16	0.02761	93	100	3368.14	3621.66	3494.90
5 h : 30 m	3/16	0.02761	180	186	6518.99	6736.29	6627.64

Gráfico N° C.13 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.50$



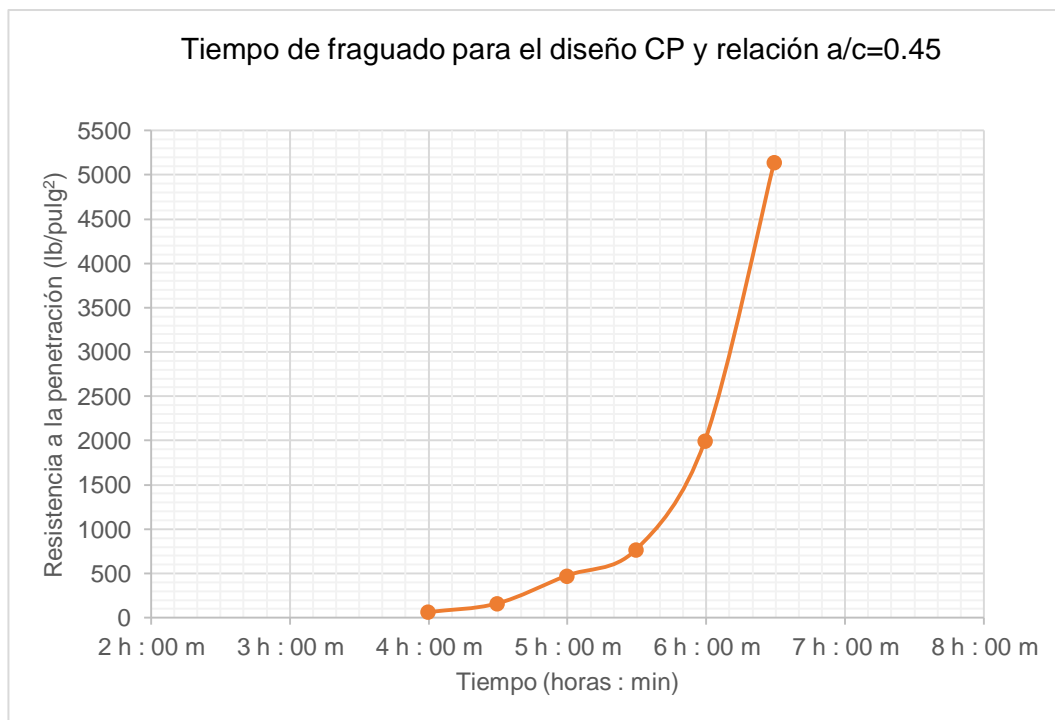
Cuadro N° C.45 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.50$

Tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.50$	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	3 h : 50 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 05 m

Cuadro N° C.46 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.45

DISEÑO: CP							
a/c=0.45							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
4 h : 00 m	1 1/16	0.88664	54	58	60.90	65.42	63.16
4 h : 30 m	3/4	0.44179	71	71	160.71	160.71	160.71
5 h : 00 m	1/2	0.19635	92	94	468.55	478.74	473.65
5 h : 30 m	3/8	0.11045	81	88	733.39	796.77	765.08
6 h : 00 m	1/4	0.04909	100	96	2037.18	1955.70	1996.44
6 h : 30 m	3/16	0.02761	144	140	5215.19	5070.32	5142.76

Gráfico N° C.14 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.45



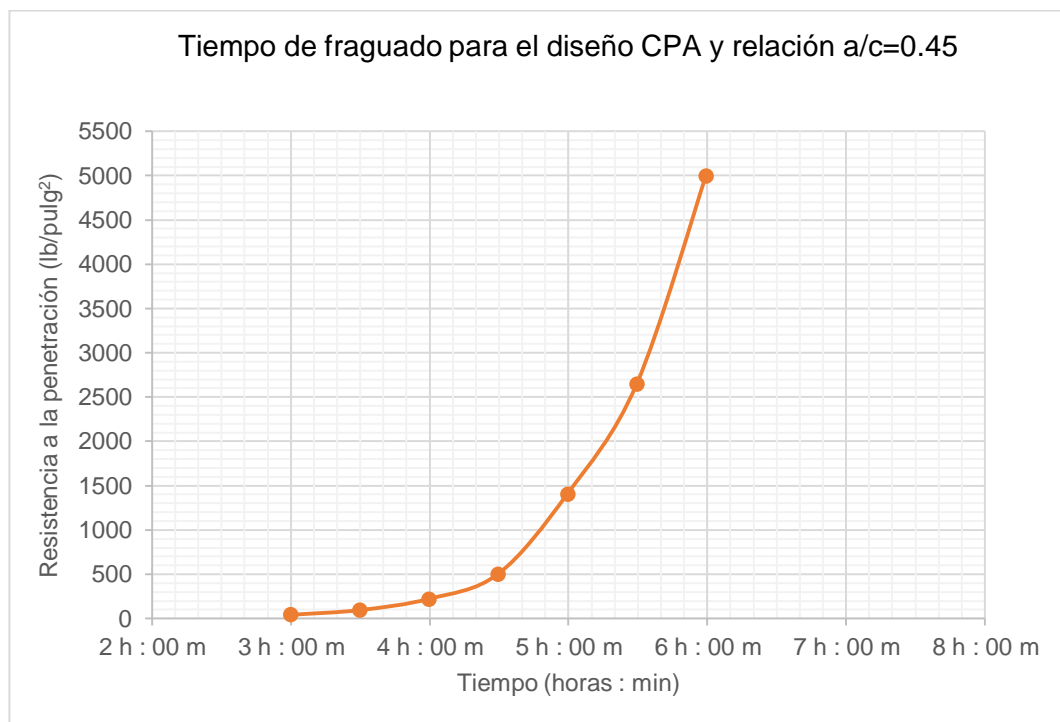
Cuadro N° C.47 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.45

Tiempo de fragua para el diseño CP y relación a/c=0.45	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 01 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	6 h : 20 m

Cuadro N° C.48 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.45

DISEÑO: CPA							
a/c=0.45							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
3 h : 00 m	1 1/16	0.88664	36	38	40.60	42.86	41.73
3 h : 30 m	3/4	0.44179	42	42	95.07	95.07	95.07
4 h : 00 m	1/2	0.19635	47	40	239.37	203.72	221.54
4 h : 30 m	3/8	0.11045	56	55	507.03	497.98	502.51
5 h : 00 m	1/4	0.04909	66	72	1344.54	1466.77	1405.66
5 h : 30 m	3/16	0.02761	74	72	2680.03	2607.59	2643.81
6 h : 00 m	3/16	0.02761	136	140	4925.46	5070.32	4997.89

Gráfico N° C.15 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.45



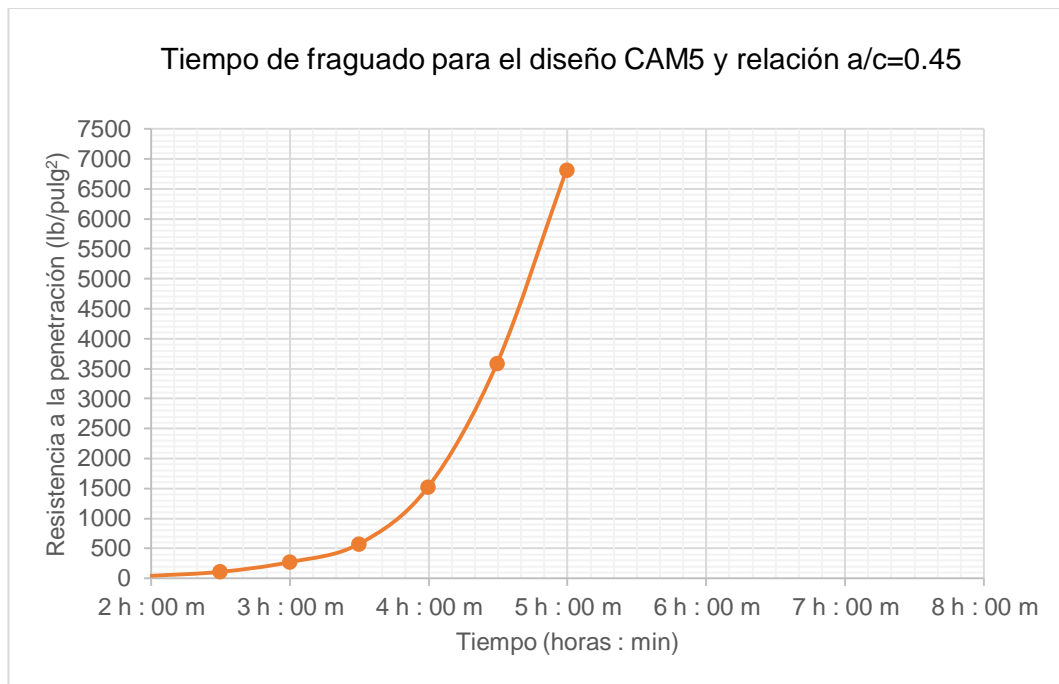
Cuadro N° C.49 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.45

Tiempo de fragua para el diseño CPA y relación a/c=0.45	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	4 h : 30 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	5 h : 47 m

Cuadro N° C.50 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.45$

DISEÑO: CAM5							
$a/c=0.45$							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
2 h : 00 m	1 1/16	0.88664	36	40	40.60	45.11	42.86
2 h : 30 m	3/4	0.44179	48	48	108.65	108.65	108.65
3 h : 00 m	1/2	0.19635	53	53	269.93	269.93	269.93
3 h : 30 m	3/8	0.11045	64	62	579.47	561.36	570.41
4 h : 00 m	1/4	0.04909	75	74	1527.89	1507.52	1517.70
4 h : 30 m	3/16	0.02761	96	102	3476.79	3694.09	3585.44
5 h : 00 m	3/16	0.02761	190	186	6881.15	6736.29	6808.72

Gráfico N° C.16 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.45$



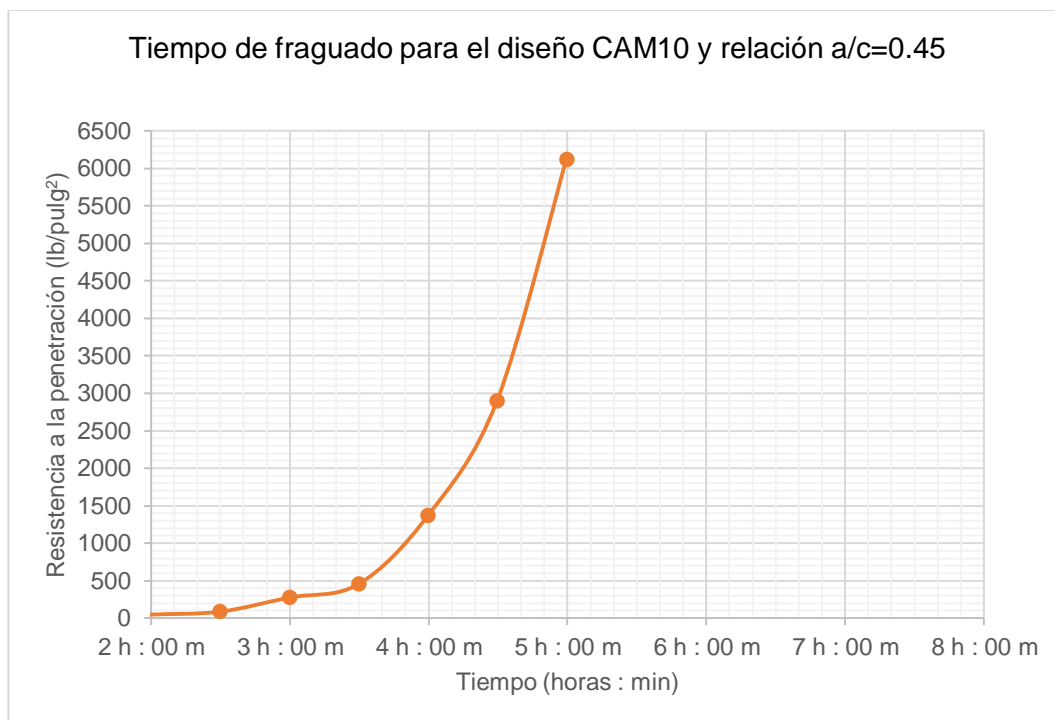
Cuadro N° C.51 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación  $a/c=0.45$

Tiempo de fragua para el diseño CAM5 y relación $a/c=0.45$	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	3 h : 26 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	4 h : 33 m

Cuadro N° C.52 Datos para el ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.45$

DISEÑO: CAM10							
$a/c=0.45$							
Tiempo (Horas: minutos)	Aguja Ø (pulg.)	Área aguja Ø (pulg <sup>2</sup> )	Fuerza (lib.)		Presión (lib/pulg <sup>2</sup> )		Presión promedio (lib/pulg <sup>2</sup> )
			(A)	(B)	(A)	(B)	
2 h : 00 m	1 1/16	0.88664	41	43	46.24	48.50	47.37
2 h : 30 m	3/4	0.44179	37	39	83.75	88.28	86.01
3 h : 00 m	1/2	0.19635	52	56	264.83	285.21	275.02
3 h : 30 m	3/8	0.11045	50	50	452.71	452.71	452.71
4 h : 00 m	1/4	0.04909	66	68	1344.54	1385.28	1364.91
4 h : 30 m	3/16	0.02761	80	80	2897.33	2897.33	2897.33
5 h : 00 m	3/16	0.02761	174	164	6301.69	5939.52	6120.60

Gráfico N° C.17 Ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.45$



Cuadro N° C.53 Resultado del ensayo de tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación  $a/c=0.45$

Tiempo de fragua para el diseño CAM10 y relación $a/c=0.45$	
Tiempo inicial de fragua (500 lb/pulg <sup>2</sup> )	3 h : 32 m
Tiempo inicial de fragua (4000 lb/pulg <sup>2</sup> )	4 h : 41 m

Cuadro N° C.54 Valores del ensayo de tiempo de fragua

a/c	Diseño de mezcla	Tiempo de fragua Inicial (Horas : minutos)	Tiempo de fragua final (Horas : minutos)
0.55	CP	5 h : 25 m	6 h : 50 m
	CPA	4 h : 40 m	5 h : 52 m
	CAM5	4 h : 19 m	5 h : 42 m
	CAM10	3 h : 55 m	5 h : 12 m
0.50	CP	5 h : 08 m	6 h : 34 m
	CPA	4 h : 31 m	5 h : 51 m
	CAM5	3 h : 51 m	5 h : 05 m
	CAM10	3 h : 50 m	5 h : 05 m
0.45	CP	5 h : 01 m	6 h : 20 m
	CPA	4 h : 30 m	5 h : 47 m
	CAM5	3 h : 26 m	4 h : 33 m
	CAM10	3 h : 32 m	4 h : 41 m

Gráfico N° C.18 Ensayo de tiempo de fragua para la mezcla de concreto con relación a/c=0.55

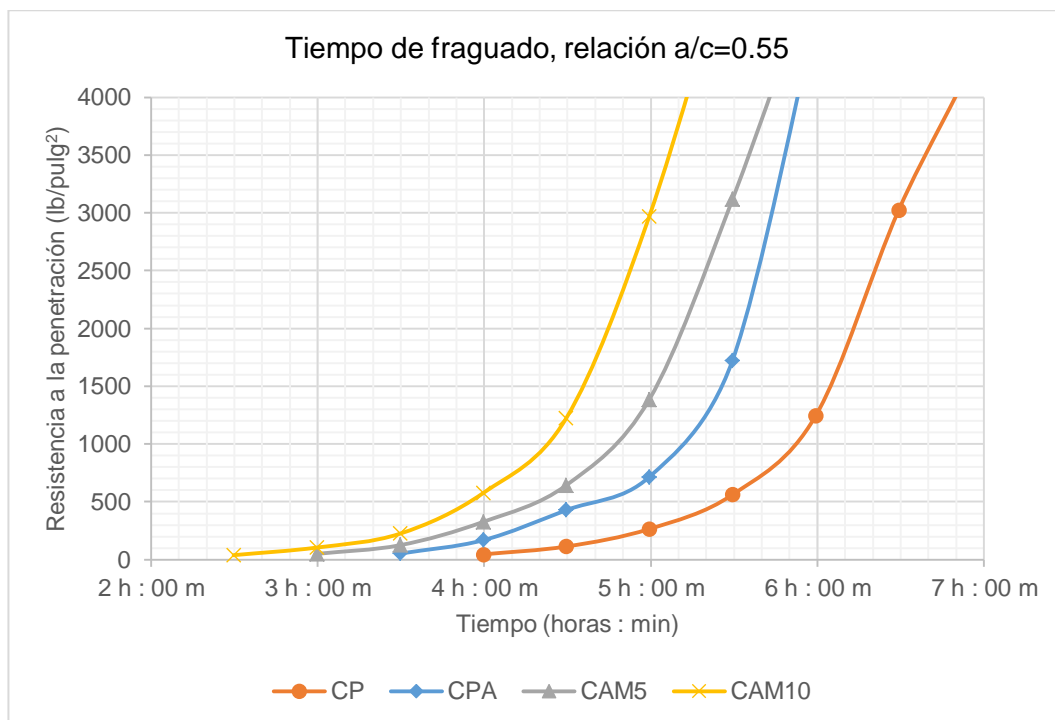


Gráfico N° C.19 Ensayo de tiempo de fragua para la mezcla de concreto con relación a/c=0.50

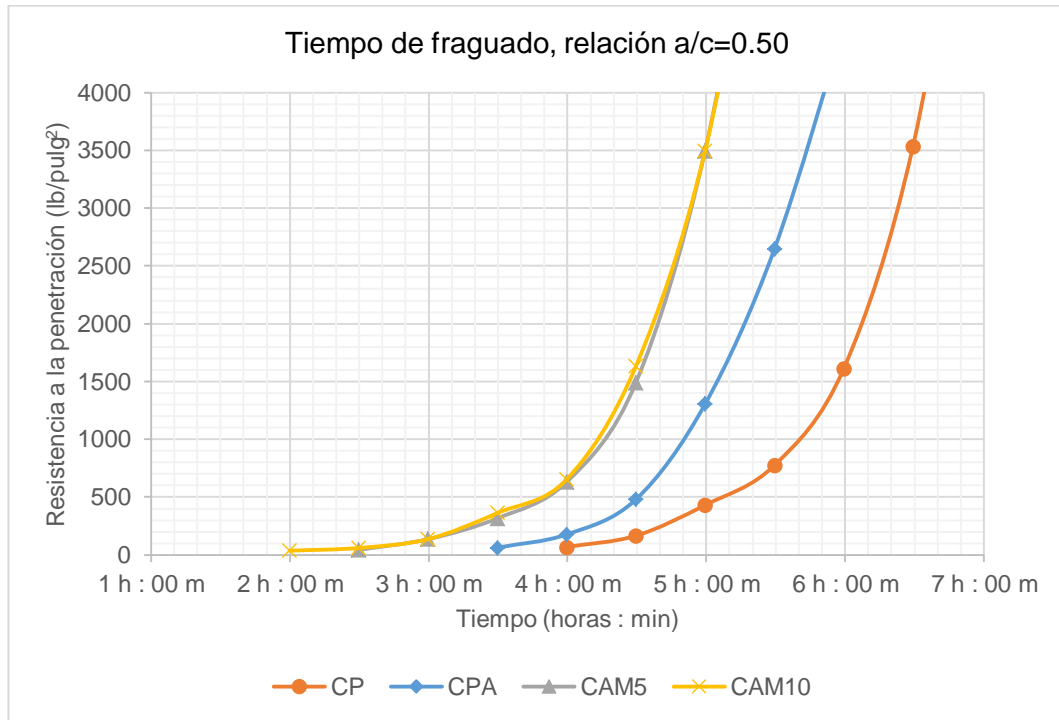
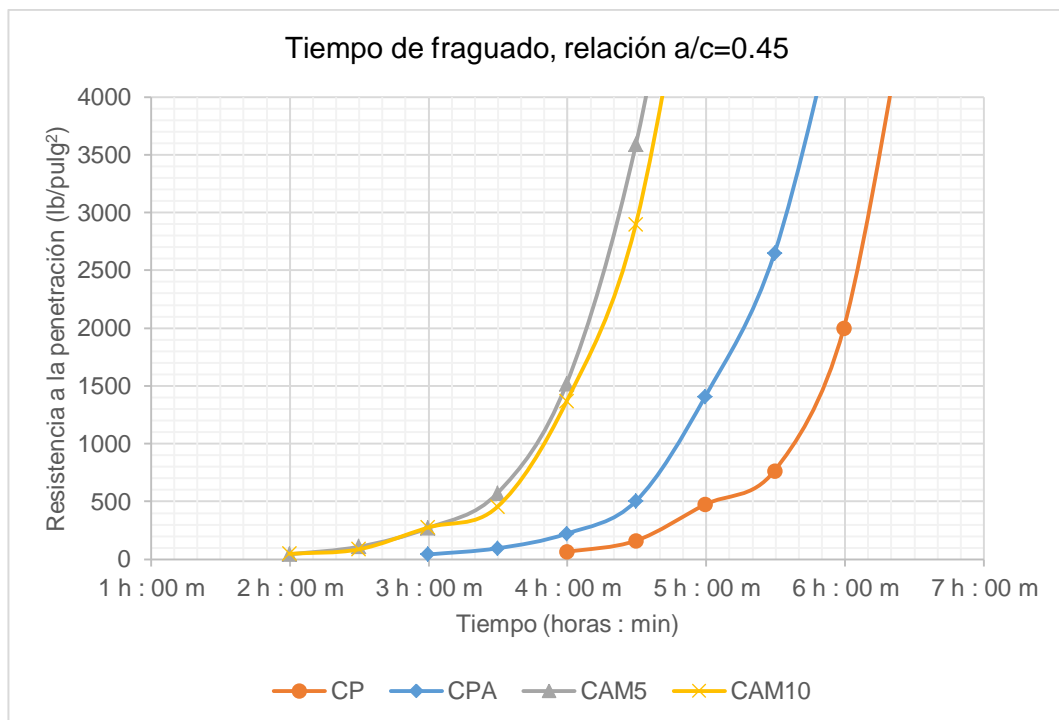


Gráfico N° C.20 Ensayo de tiempo de fragua para la mezcla de concreto con relación a/c=0.45





## ANEXO D: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Cuadro N° D.1 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.55 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.55	1	P1	4.083	4680	20.67	10.21	81.83	57.19	72.92
		P2	4.102	4560	20.69	10.22	81.91	55.67	
		P3	4.133	6570	20.79	10.24	82.23	79.90	
		P4	4.119	5080	20.75	10.20	81.67	62.20	
		P5	4.156	4800	20.91	10.21	81.75	58.71	
		P6	4.085	7590	20.73	10.19	81.43	93.21	
		P7	4.114	6810	20.88	10.23	82.07	82.98	
		P8	4.088	6040	20.80	10.20	81.67	73.95	
		P9	4.051	6600	20.49	10.23	82.07	80.42	
		P10	4.071	6970	20.51	10.23	82.07	84.93	

Cuadro N° D.2 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.55 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.55	7	P1	4.122	15730	20.77	10.20	81.59	192.79	222.22
		P2	4.139	17130	20.72	10.25	82.47	207.70	
		P3	4.076	18860	20.68	10.21	81.83	230.47	
		P4	4.112	20800	20.82	10.21	81.83	254.18	
		P5	4.146	17590	20.91	10.23	82.07	214.32	
		P6	4.072	19120	20.57	10.24	82.31	232.28	
		P7	4.136	14670	20.67	10.26	82.64	177.53	
		P8	4.148	13370	20.81	10.27	82.80	161.48	
		P9	4.075	21210	20.53	10.22	81.99	258.68	
		P10	4.034	23930	20.67	10.21	81.75	292.72	

Cuadro N° D.3 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.55	28	P1	3.812	25410	20.49	10.10	80.08	317.32	275.98
		P2	3.896	24940	20.54	10.20	81.59	305.67	
		P3	3.987	25860	20.75	10.24	82.31	314.17	
		P4	3.911	21360	20.53	10.20	81.59	261.79	
		P5	4.025	19600	20.91	10.22	81.99	239.05	
		P6	3.906	25480	20.38	10.24	82.23	309.85	
		P7	3.918	21480	20.54	10.18	81.27	264.30	
		P8	3.877	22970	20.27	10.22	81.99	280.15	
		P9	3.961	27360	20.78	10.23	82.07	333.36	
		P10	3.954	24970	20.62	10.21	81.83	305.14	
		P11	3.914	21210	20.08	10.30	83.28	254.68	
		P12	4.099	26430	20.91	10.12	80.32	329.08	
		P13	3.822	18160	20.26	10.12	80.32	226.11	
		P14	3.847	17980	20.28	10.14	80.63	222.98	
		P15	3.932	22470	20.50	10.19	81.43	275.94	
		P16	3.956	20460	20.78	10.22	81.99	249.54	
		P17	3.937	19750	20.49	10.21	81.75	241.59	
		P18	3.941	21980	20.60	10.22	81.99	268.07	
		P19	3.977	23930	20.70	10.22	81.91	292.14	
		P20	3.762	22260	20.23	10.09	79.84	278.81	
		P21	3.819	23220	20.28	10.12	80.32	289.11	
		P22	4.018	17420	20.89	10.22	81.91	212.67	

Cuadro N° D.4 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.55	56	P1	3.811	21255	20.23	10.10	80.00	265.69	278.40
		P2	3.936	20056	20.08	10.29	83.12	241.29	
		P3	3.998	17440	20.62	10.18	81.27	214.59	
		P4	3.900	24798	20.43	10.20	81.67	303.63	
		P5	3.972	22345	20.42	10.27	82.80	269.88	
		P6	3.808	21255	20.17	10.13	80.47	264.12	
		P7	3.920	20819	20.19	10.28	82.88	251.20	
		P8	3.956	23980	20.33	10.20	81.59	293.90	
		P9	3.964	27250	20.62	10.27	82.72	329.44	
		P10	4.026	25724	20.91	10.17	81.11	317.14	
		P11	3.996	25615	20.66	10.24	82.23	311.49	

Cuadro N° D.5 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.50 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.50	1	P1	4.101	6180	20.68	10.22	81.99	75.37	73.13
		P2	3.993	5590	20.25	10.20	81.59	68.51	
		P3	4.094	5360	20.69	10.21	81.75	65.56	
		P4	4.075	6570	20.71	10.21	81.83	80.29	
		P5	4.077	6350	20.67	10.19	81.51	77.90	
		P6	4.111	5730	20.80	10.22	81.91	69.95	
		P7	4.014	6030	20.18	10.31	83.36	72.34	
		P8	4.075	7010	20.69	10.22	81.91	85.58	
		P9	4.033	4740	20.50	10.14	80.63	58.78	
		P10	4.009	6280	20.44	10.20	81.59	76.97	

Cuadro N° D.6 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.50 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.50	7	P1	4.112	19280	20.70	10.23	82.07	234.91	271.37
		P2	4.132	20470	20.78	10.24	82.23	248.93	
		P3	4.153	19500	20.79	10.25	82.47	236.44	
		P4	4.195	22250	20.91	10.19	81.43	273.24	
		P5	4.089	23020	20.61	10.22	81.99	280.76	
		P6	4.161	24510	20.83	10.27	82.80	296.03	
		P7	4.116	23840	20.76	10.23	82.07	290.48	
		P8	4.143	24330	20.82	10.21	81.75	297.61	
		P9	4.106	22870	20.46	10.31	83.44	274.08	
		P10	4.147	23150	20.77	10.24	82.31	281.24	

Cuadro N° D.7 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.50	28	P1	4.047	28510	20.78	10.21	81.75	348.74	357.63
		P2	3.990	30620	20.32	10.29	83.12	368.39	
		P3	4.002	29270	20.33	10.29	83.12	352.15	
		P4	4.003	33490	20.54	10.26	82.64	405.28	
		P5	4.049	30970	20.60	10.29	83.12	372.60	
		P6	4.021	24620	20.53	10.25	82.39	298.81	
		P7	4.020	30840	20.68	10.25	82.47	373.94	
		P8	3.988	23630	20.76	10.18	81.35	290.47	
		P9	3.998	26260	20.35	10.29	83.04	316.24	
		P10	3.866	28790	20.43	10.13	80.55	357.40	
		P11	3.995	28960	20.57	10.23	82.15	352.52	
		P12	4.078	33080	20.91	10.22	81.91	403.85	
		P13	3.858	23630	20.38	10.09	79.84	295.97	
		P14	4.360	29140	20.91	10.17	81.11	359.26	
		P15	3.967	30840	20.53	10.20	81.67	377.61	
		P16	3.984	34880	20.65	10.22	81.99	425.41	

	P17	3.932	29820	20.49	10.12	80.40	370.92	
	P18	4.072	30310	20.81	10.31	83.36	363.60	
	P19	3.974	31840	20.54	10.23	82.07	387.95	
	P20	3.880	27740	20.51	10.09	79.92	347.10	
	P21	4.120	27910	20.91	10.28	82.96	336.44	
	P22	3.976	29730	20.55	10.21	81.83	363.31	

Cuadro N° D.8 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.50	56	P1	4.075	31500	20.91	10.25	82.39	382.31	372.90
		P2	3.985	32200	20.50	10.19	81.51	395.04	
		P3	4.033	33000	20.78	10.23	82.15	401.69	
		P4	3.828	31500	20.36	10.13	80.55	391.04	
		P5	3.850	32200	20.36	10.12	80.32	400.92	
		P6	4.016	28500	20.62	10.22	81.99	347.59	
		P7	4.015	30200	20.40	10.43	85.40	353.65	
		P8	3.981	29000	20.42	10.23	82.15	353.00	
		P9	4.025	31300	20.62	10.25	82.47	379.51	
		P10	4.028	29000	20.82	10.25	82.47	351.63	
		P11	4.023	28500	20.62	10.25	82.47	345.56	

Cuadro N° D.9 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.45 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.45	1	P1	4.056	6720	20.64	10.22	81.91	82.04	116.15
		P2	4.113	8390	20.82	10.20	81.59	102.83	
		P3	4.092	10980	20.81	10.19	81.43	134.84	
		P4	4.100	10270	20.73	10.25	82.47	124.52	
		P5	4.100	9490	20.80	10.26	82.64	114.84	
		P6	4.093	11340	20.89	10.20	81.67	138.85	
		P7	4.045	8400	20.63	10.25	82.47	101.85	
		P8	4.044	10670	20.73	10.25	82.39	129.50	

		P9	4.088	9420	20.75	10.23	82.07	114.78	
		P10	4.110	9700	20.78	10.26	82.55	117.50	

Cuadro N° D.10 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.45 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.45	7	P1	4.099	25250	20.69	10.23	82.15	307.36	283.46
		P2	4.046	24550	20.44	10.16	80.95	303.26	
		P3	4.096	24430	20.71	10.22	81.99	297.96	
		P4	4.082	25300	20.64	10.21	81.75	309.47	
		P5	4.100	15750	20.69	10.19	81.51	193.22	
		P6	4.101	22350	20.76	10.17	81.19	275.27	
		P7	4.105	24000	20.70	10.26	82.55	290.72	
		P8	4.098	22960	20.60	10.21	81.83	280.58	
		P9	4.126	21900	20.82	10.25	82.47	265.54	
		P10	4.078	25620	20.57	10.24	82.31	311.25	

Cuadro N° D.11 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.45	28	P1	4.110	33930	20.91	10.23	82.07	413.42	410.47
		P2	3.883	32450	20.32	10.11	80.24	404.43	
		P3	4.093	28960	20.91	10.20	81.59	354.94	
		P4	4.213	36080	20.91	10.22	81.91	440.47	
		P5	4.060	34960	20.70	10.22	81.91	426.80	
		P6	4.016	33430	20.76	10.22	81.99	407.72	
		P7	3.913	34810	20.36	10.15	80.79	430.85	
		P8	4.069	30920	20.91	10.14	80.63	383.46	
		P9	4.197	32660	20.91	10.24	82.23	397.16	
		P10	4.146	31090	20.91	10.24	82.23	378.07	
		P11	4.026	32730	20.63	10.24	82.31	397.63	
		P12	3.891	33800	20.39	10.15	80.79	418.35	
		P13	4.044	37650	20.69	10.24	82.31	457.40	

		P14	4.057	33350	20.91	10.26	82.55	403.98	
		P15	4.080	34460	20.91	10.30	83.20	414.18	
		P16	4.042	36750	20.70	10.23	82.07	447.78	
		P17	4.030	36070	20.52	10.36	84.17	428.53	
		P18	4.104	32640	20.91	10.29	83.04	393.07	
		P19	3.992	32030	20.49	10.26	82.55	387.99	
		P20	4.099	36950	20.66	10.31	83.44	442.82	
		P21	4.060	32610	20.43	10.31	83.44	390.81	

Cuadro N° D.12 Resistencia a la compresión para el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.45	56	P1	4.084	33990	20.78	10.24	82.31	412.93	420.12
		P2	3.947	34093	20.64	10.12	80.32	424.49	
		P3	4.056	34608	20.41	10.28	82.88	417.58	
		P4	4.176	35535	20.91	10.32	83.60	425.04	
		P5	3.893	31518	20.42	10.13	80.47	391.65	
		P6	3.942	33372	20.57	10.10	80.00	417.16	
		P7	4.071	36874	20.82	10.21	81.83	450.61	
		P8	4.055	35020	20.91	10.22	81.99	427.11	
		P9	4.085	37492	20.89	10.23	82.07	456.82	
		P10	4.055	30694	20.75	10.21	81.75	375.45	
		P11	4.064	34608	20.81	10.22	81.91	422.50	

Cuadro N° D.13 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.55	1	P1	4.037	8750	20.69	10.24	82.31	106.30	105.80
		P2	3.998	9180	20.49	10.22	81.91	112.07	
		P3	3.986	5810	20.63	10.23	82.15	70.72	
		P4	4.038	10860	20.81	10.12	80.32	135.22	
		P5	3.974	7640	20.55	10.26	82.64	92.45	
		P6	3.866	8930	20.27	10.09	79.92	111.74	

		P7	3.982	8440	20.70	10.16	80.95	104.26	
		P8	4.051	7350	20.79	10.17	81.11	90.62	
		P9	4.047	9150	20.72	10.28	82.96	110.30	
		P10	4.032	10300	20.57	10.28	82.88	124.28	

Cuadro N° D.14 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.55	7	P1	4.028	20250	20.60	10.21	81.83	247.46	250.27
		P2	3.875	22070	20.25	10.11	80.24	275.06	
		P3	3.856	20850	20.36	10.11	80.16	260.11	
		P4	3.894	21640	20.32	10.15	80.87	267.58	
		P5	3.895	19360	20.45	10.10	80.08	241.76	
		P6	4.067	20520	20.79	10.12	80.40	255.24	
		P7	3.887	17290	20.32	10.06	79.44	217.64	
		P8	4.069	20460	20.57	10.29	83.12	246.15	
		P9	3.926	19300	20.37	10.14	80.63	239.35	
		P10	3.890	19270	20.28	10.08	79.68	241.84	
		P11	3.878	20840	20.26	10.09	79.92	260.76	

Cuadro N° D.15 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.55	28	P1	3.944	27820	20.43	10.17	81.11	342.98	352.47
		P2	3.924	25940	20.81	10.16	80.95	320.44	
		P3	4.014	30030	20.85	10.27	82.80	362.70	
		P4	3.933	27430	20.91	10.06	79.44	345.27	
		P5	4.003	29400	20.83	10.24	82.31	357.17	
		P6	3.935	29210	20.30	10.23	82.15	355.56	
		P7	3.996	27040	20.65	10.25	82.47	327.86	
		P8	3.993	30820	20.73	10.21	81.83	376.63	
		P9	4.044	28980	20.81	10.27	82.80	350.02	
		P10	3.820	29440	20.29	10.08	79.68	369.47	



	P11	3.965	27770	20.33	10.34	83.85	331.20
	P12	4.068	31360	20.88	10.20	81.59	384.35
	P13	4.106	26210	20.91	10.28	82.88	316.25
	P14	3.955	23260	20.47	10.18	81.27	286.20
	P15	3.949	32610	20.55	10.24	82.31	396.17
	P16	3.970	27630	20.55	10.09	79.84	346.07
	P17	3.847	29050	20.37	10.16	81.03	358.50
	P18	4.012	32330	20.82	10.17	81.19	398.19
	P19	3.847	26410	20.42	10.08	79.68	331.44
	P20	4.000	30610	20.48	10.34	83.93	364.71
	P21	4.035	30940	20.86	10.18	81.27	380.70

Cuadro N° D.16 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.55	56	P1	4.021	25272	20.77	10.19	81.43	310.35	361.37
		P2	3.982	31616	20.30	10.25	82.39	383.72	
		P3	3.893	30368	20.69	10.11	80.24	378.48	
		P4	4.000	27040	20.63	10.25	82.39	328.18	
		P5	3.914	27248	20.51	10.23	82.15	331.68	
		P6	3.958	32760	20.73	10.23	82.15	398.77	
		P7	3.908	31200	20.62	10.17	81.11	384.65	
		P8	4.025	32552	20.84	10.23	82.07	396.63	
		P9	3.953	28912	20.70	10.23	82.15	351.93	
		P10	4.003	26520	20.74	10.16	81.03	327.28	
		P11	4.205	31408	20.91	10.22	81.91	383.44	

Cuadro N° D.17 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.50	1	P1	3.934	10380	20.55	10.12	80.32	129.24	126.32
		P2	4.000	12390	20.78	10.20	81.67	151.71	
		P3	3.860	9110	20.38	10.11	80.24	113.54	

	P4	3.974	11670	20.65	10.15	80.79	144.44
	P5	3.954	10150	20.43	10.22	81.99	123.79
	P6	3.862	10160	20.28	10.12	80.32	126.50
	P7	3.860	10340	20.35	10.14	80.63	128.23
	P8	3.978	10970	20.73	10.17	81.19	135.11
	P9	4.022	10040	20.70	10.24	82.31	121.97
	P10	3.898	8300	20.36	10.15	80.79	102.73
	P11	3.82	8970	20.25	10.09	79.92	112.24

Cuadro N° D.18 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.50	7	P1	4.088	23980	20.91	10.27	82.72	289.91	301.94
		P2	3.935	24470	20.48	10.08	79.68	307.10	
		P3	3.992	17980	20.82	10.12	80.32	223.87	
		P4	4.043	25630	20.69	10.23	82.07	312.29	
		P5	3.990	25210	20.16	10.16	80.95	311.42	
		P6	4.025	25150	20.37	10.29	83.04	302.87	
		P7	4.097	26020	20.91	10.22	81.91	317.66	
		P8	4.003	26260	20.26	10.36	84.25	311.68	
		P9	4.020	25370	20.32	10.22	81.91	309.72	
		P10	3.976	25600	20.48	10.16	81.03	315.92	
		P11	4.082	26480	20.85	10.29	83.04	318.89	

Cuadro N° D.19 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.50	28	P1	4.029	32610	20.75	10.16	80.95	402.83	386.83
		P2	4.182	30000	20.91	10.23	82.07	365.53	
		P3	4.138	30070	20.91	10.26	82.64	363.89	
		P4	3.955	31620	20.09	10.25	82.39	383.77	
		P5	3.915	27260	20.42	10.16	80.95	336.74	
		P6	4.082	30250	20.90	10.31	83.36	362.88	

	P7	3.949	32750	20.63	10.12	80.40	407.36
	P8	4.061	35020	20.91	10.24	82.23	425.86
	P9	4.088	36040	20.90	10.22	81.99	439.56
	P10	3.898	30510	20.33	10.10	80.00	381.38
	P11	4.038	31860	20.78	10.26	82.64	385.55
	P12	4.082	28940	20.91	10.18	81.27	356.09
	P13	4.032	35750	20.61	10.22	81.99	436.02
	P14	4.056	32040	20.58	10.24	82.31	389.24
	P15	4.058	30150	20.75	10.18	81.35	370.61
	P16	4.053	27300	20.77	10.18	81.35	335.58
	P17	4.019	32650	20.73	10.32	83.52	390.91
	P18	4.011	31060	20.64	10.25	82.39	376.97
	P19	3.987	31590	20.91	10.05	79.29	398.43
	P20	4.014	31470	20.47	10.19	81.51	386.08
	P21	3.999	36280	20.67	10.27	82.80	438.18
	P22	4.002	31470	20.64	10.32	83.52	376.78

Cuadro N° D.20 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.50	56	P1	3.976	31400	20.55	10.27	82.80	379.24	392.48
		P2	3.979	34100	20.33	10.21	81.75	417.12	
		P3	4.064	32000	20.84	10.24	82.31	388.76	
		P4	4.049	29000	20.68	10.25	82.47	351.63	
		P5	4.025	27300	20.91	10.01	78.66	347.08	
		P6	4.023	33000	20.55	10.31	83.44	395.48	
		P7	4.060	33400	20.86	10.26	82.55	404.58	
		P8	3.999	34000	20.75	10.20	81.59	416.71	
		P9	4.016	35000	20.81	10.29	83.12	421.08	
		P10	3.954	32500	20.66	10.14	80.71	402.66	
		P11	3.944	32000	20.63	10.19	81.43	392.97	

Cuadro N° D.21 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.45	1	P1	3.965	11780	20.67	10.17	81.19	145.09	142.83
		P2	3.954	9760	20.08	10.25	82.47	118.34	
		P3	3.975	12900	20.16	10.24	82.31	156.72	
		P4	3.987	12880	20.33	10.17	81.19	158.64	
		P5	3.996	10220	20.59	10.22	81.91	124.77	
		P6	3.999	13170	20.24	10.28	82.88	158.91	
		P7	3.835	11070	20.33	10.08	79.76	138.79	
		P8	3.978	11150	20.42	10.23	82.07	135.86	
		P9	4.035	11930	20.72	10.25	82.39	144.79	
		P10	3.921	10880	20.41	10.06	79.44	136.95	
		P11	3.96	12510	20.16	10.23	82.15	152.28	

Cuadro N° D.22 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.45	7	P1	3.973	28600	20.20	10.19	81.51	350.87	332.05
		P2	4.016	27440	20.63	10.29	83.12	330.13	
		P3	3.986	27080	20.30	10.20	81.67	331.57	
		P4	3.845	27320	20.06	10.12	80.40	339.82	
		P5	4.012	28510	20.24	10.20	81.59	349.42	
		P6	4.003	19420	20.91	10.02	78.81	246.40	
		P7	4.031	29260	20.24	10.27	82.72	353.74	
		P8	3.857	25650	20.26	10.13	80.47	318.73	
		P9	3.988	30610	20.20	10.22	81.91	373.69	
		P10	4.032	26520	20.35	10.31	83.44	317.82	
		P11	4.014	28150	20.47	10.27	82.72	340.32	

Cuadro N° D.23 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.45	28	P1	3.990	35730	20.68	10.19	81.43	438.77
		P2	4.090	38210	20.91	10.24	82.31	464.20
		P3	3.945	40100	20.52	10.14	80.71	496.82
		P4	3.853	34150	20.43	10.16	81.03	421.44
		P5	3.982	38260	20.72	10.20	81.59	468.92
		P6	3.954	35910	20.25	10.29	83.04	432.45
		P7	3.996	32540	20.64	10.33	83.69	388.84
		P8	3.994	37590	20.40	10.31	83.36	450.93
		P9	3.872	38250	20.55	10.15	80.79	473.43
		P10	4.015	33450	20.79	10.20	81.67	409.57
		P11	3.849	35920	20.42	10.12	80.32	447.23
		P12	4.012	36230	20.82	10.22	81.99	441.87
		P13	4.069	36490	20.89	10.26	82.55	442.01
		P14	3.861	37420	20.42	10.15	80.87	462.70
		P15	3.870	31800	20.45	10.13	80.55	394.76
		P16	4.038	38850	20.91	10.24	82.31	471.98
		P17	3.858	37620	20.43	10.13	80.47	467.48
		P18	3.847	37690	20.41	10.14	80.71	466.96
		P19	4.011	37290	20.78	10.24	82.31	453.03
		P20	3.850	34630	20.26	10.14	80.63	429.47
		P21	4.003	34730	20.83	10.26	82.64	420.28

Cuadro N° D.24 Resistencia a la compresión para el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.45	56	P1	4.015	36000	20.53	10.20	81.67	440.79	454.62
		P2	4.021	36500	20.79	10.23	82.15	444.30	
		P3	3.849	38200	20.50	10.12	80.32	475.62	
		P4	4.003	36500	20.69	10.26	82.55	442.13	
		P5	4.004	36400	20.68	10.25	82.47	441.35	

	P6	4.022	38900	20.78	10.26	82.55	471.20
	P7	3.982	38000	20.72	10.24	82.31	461.65
	P8	3.991	38300	20.67	10.27	82.80	462.58
	P9	4.015	38600	20.74	10.26	82.55	467.57
	P10	4.042	36000	20.88	10.26	82.64	435.65
	P11	3.998	38400	20.36	10.34	83.85	457.97

Cuadro N° D.25 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.55	1	P1	3.995	13910	20.71	10.22	81.91	169.82	167.56
		P2	4.025	14570	20.91	10.20	81.59	178.57	
		P3	4.035	14360	20.85	10.25	82.39	174.29	
		P4	4.035	13680	20.91	10.14	80.71	169.49	
		P5	3.985	13470	20.87	10.18	81.27	165.74	
		P6	4.050	13120	20.91	10.06	79.37	165.31	
		P7	3.825	12290	20.44	10.09	79.92	153.78	
		P8	4.020	12770	20.90	10.20	81.59	156.51	
		P9	4.065	14280	20.88	10.26	82.64	172.81	
		P10	3.990	13120	20.77	10.22	81.91	160.17	
		P11	4.020	14640	20.87	10.28	82.88	176.65	

Cuadro N° D.26 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.55	7	P1	3.885	21870	20.55	10.11	80.16	272.84	288.76
		P2	3.905	23350	20.52	10.13	80.55	289.87	
		P3	3.865	21340	20.33	10.15	80.79	264.13	
		P4	3.885	23260	20.40	10.16	81.03	287.05	
		P5	3.970	21530	20.58	10.23	82.15	262.07	
		P6	3.855	22050	20.32	10.14	80.71	273.19	
		P7	3.835	21780	20.26	10.14	80.63	270.11	
		P8	3.975	25730	20.72	10.20	81.67	315.04	

	P9	4.025	25080	20.89	10.23	82.15	305.29
	P10	3.855	23910	20.40	10.16	80.95	295.36
	P11	4.000	25550	20.82	10.22	81.91	311.92
	P12	4.030	26090	20.83	10.22	81.99	318.20

Cuadro N° D.27 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.55	28	P1	3.951	28540	20.52	10.25	82.47	346.05	350.71
		P2	4.091	27330	20.91	10.24	82.31	332.02	
		P3	4.015	23800	20.63	10.22	81.91	290.56	
		P4	4.433	30770	20.91	10.29	83.04	370.55	
		P5	3.992	28710	20.58	10.22	81.91	350.50	
		P6	3.867	29260	20.47	10.10	80.08	365.39	
		P7	3.884	27680	20.27	10.09	79.92	346.35	
		P8	3.980	27530	20.61	10.24	82.23	334.78	
		P9	3.835	27240	20.35	10.13	80.55	338.16	
		P10	4.008	31060	20.74	10.23	82.15	378.08	
		P11	3.997	28520	20.62	10.21	81.83	348.52	
		P12	3.862	28050	20.45	10.11	80.24	349.59	
		P13	4.061	28430	20.87	10.16	80.95	351.19	
		P14	4.041	29010	20.90	10.27	82.72	350.72	
		P15	4.021	28730	20.66	10.20	81.67	351.78	
		P16	3.943	30680	20.21	10.18	81.35	377.13	
		P17	4.028	29540	20.72	10.16	81.03	364.55	
		P18	4.008	28850	20.42	10.18	81.27	354.98	
		P19	3.854	25830	20.37	10.10	80.00	322.88	
		P20	3.987	29020	20.75	10.25	82.47	351.87	
		P21	3.967	30510	20.58	10.22	81.99	372.11	
		P22	4.016	28750	20.71	10.24	82.31	349.28	
		P23	4.028	31360	20.82	10.21	81.83	383.23	
		P24	3.898	27320	20.46	10.17	81.11	336.82	

Cuadro N° D.28 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.55	56	P1	4.015	32840	20.89	10.20	81.67	402.10	405.68
		P2	4.075	32650	20.87	10.23	82.15	397.43	
		P3	3.989	31370	20.85	10.17	81.11	386.75	
		P4	4.096	31420	20.84	10.25	82.47	380.97	
		P5	4.047	34480	20.86	10.25	82.39	418.48	
		P6	4.012	32570	20.75	10.19	81.51	399.58	
		P7	3.988	31790	20.54	10.23	82.07	387.34	
		P8	4.043	33840	20.76	10.22	81.91	413.13	
		P9	4.021	30690	20.66	10.23	82.07	373.94	
		P10	4.038	33840	20.48	10.29	83.04	407.52	
		P11	3.991	32740	20.53	10.23	82.15	398.53	
		P12	4.023	32040	20.59	10.22	81.99	390.77	
		P13	4.020	34950	20.45	10.30	83.28	419.67	
		P14	4.020	33000	20.80	10.26	82.64	399.35	
		P15	3.981	34420	20.37	10.34	83.93	410.11	
		P16	3.992	34450	20.36	10.27	82.80	416.08	
		P17	4.043	36350	20.91	10.23	82.15	442.47	
		P18	4.022	34330	20.76	10.27	82.72	415.04	
		P19	3.982	34660	20.55	10.17	81.11	427.31	
		P20	3.970	34700	20.63	10.20	81.59	425.29	
		P21	4.038	31560	20.78	10.21	81.75	386.05	
		P22	4.013	34810	20.63	10.19	81.51	427.06	

Cuadro N° D.29 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.50	1	P1	4.090	12570	20.90	10.26	82.64	152.11	156.94
		P2	3.995	12880	20.90	10.23	82.15	156.78	
		P3	4.078	13030	20.90	10.27	82.80	157.37	
		P4	4.065	13570	20.90	10.24	82.23	165.02	



	P5	4.043	13540	20.75	10.31	83.36	162.43
	P6	4.005	14370	20.53	10.26	82.55	174.07
	P7	4.007	10640	20.60	10.26	82.64	128.76
	P8	3.936	13200	20.80	10.12	80.32	164.35
	P9	4.074	12020	20.83	10.27	82.72	145.32
	P10	4.019	13060	20.67	10.16	81.03	161.17
	P11	4.026	12830	20.84	10.28	82.88	154.81
	P12	4.022	13200	20.80	10.22	81.91	161.15

Cuadro N° D.30 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.50	7	P1	4.040	25170	20.82	10.18	81.35	309.40	305.81
		P2	4.080	25220	20.91	10.23	82.15	306.99	
		P3	4.095	23730	20.91	10.19	81.51	291.13	
		P4	4.025	26850	20.79	10.19	81.43	329.73	
		P5	4.045	26800	20.58	10.25	82.47	324.95	
		P6	4.120	23790	20.91	10.28	82.88	287.05	
		P7	4.125	23350	20.88	10.26	82.64	282.57	
		P8	4.150	22480	20.91	10.26	82.64	272.04	
		P9	4.080	23300	20.91	10.24	82.23	283.34	
		P10	3.935	23640	20.53	10.16	80.95	292.02	
		P11	3.955	28680	20.54	10.20	81.67	351.16	
		P12	4.050	27800	20.91	10.22	81.91	339.39	

Cuadro N° D.31 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.50	28	P1	4.004	32360	20.67	10.19	81.51	397.00	384.31
		P2	4.052	30940	20.72	10.20	81.67	378.84	
		P3	4.013	32930	20.34	10.33	83.69	393.50	
		P4	4.044	30900	20.77	10.25	82.39	375.03	
		P5	4.064	32740	20.77	10.23	82.07	398.92	

	P6	4.028	31720	20.78	10.26	82.64	383.86
	P7	3.986	30510	20.50	10.24	82.31	370.66
	P8	4.070	29980	20.64	10.24	82.31	364.22
	P9	3.982	29980	20.49	10.21	81.83	366.36
	P10	4.003	31340	20.69	10.16	80.95	387.14
	P11	3.883	31260	20.38	10.10	80.08	390.37
	P12	3.994	30070	20.58	10.27	82.72	363.53
	P13	3.945	31840	20.63	10.19	81.43	391.00
	P14	4.063	33130	20.83	10.28	82.88	399.75
	P15	4.002	32940	20.31	10.30	83.28	395.53
	P16	4.235	31170	20.91	10.26	82.64	377.20
	P17	4.017	32148	20.18	10.15	80.87	397.51
	P18	4.021	31054	20.35	10.26	82.64	375.80
	P19	3.991	32158	20.44	10.13	80.55	399.21
	P20	3.995	31828	20.39	10.32	83.60	380.70

Cuadro N° D.32 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.50	56	P1	4.013	36450	20.54	10.18	81.27	448.50	419.13
		P2	4.095	35410	20.73	10.17	81.11	436.56	
		P3	4.009	35450	20.66	10.19	81.43	435.34	
		P4	4.034	30700	20.52	10.25	82.39	372.60	
		P5	4.099	33860	20.91	10.21	81.75	414.18	
		P6	4.064	30450	20.72	10.31	83.36	365.28	
		P7	4.050	36410	20.67	10.23	82.15	443.20	
		P8	4.058	35370	20.32	10.32	83.52	423.47	
		P9	4.050	34130	20.77	10.25	82.47	413.83	
		P10	4.102	32500	20.86	10.24	82.23	395.22	
		P11	4.042	39150	20.74	10.26	82.64	473.77	
		P12	4.047	34360	20.54	10.24	82.31	417.43	
		P13	4.055	30200	20.83	10.26	82.64	365.46	
		P14	4.032	32500	20.70	10.20	81.59	398.33	
		P15	4.009	35530	20.63	10.25	82.47	430.80	
		P16	4.040	37370	20.77	10.16	80.95	461.63	
		P17	4.046	36620	20.78	10.18	81.35	450.15	
		P18	4.058	30080	20.79	10.19	81.43	369.39	
		P19	4.054	35150	20.67	10.27	82.72	424.95	

	P20	3.883	33460	20.48	10.12	80.40	416.19
	P21	4.088	34070	20.75	10.27	82.72	411.89
	P22	3.995	36820	20.68	10.18	81.35	452.60

Cuadro N° D.33 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.45	1	P1	3.995	14260	20.87	10.23	82.15	173.58	182.49
		P2	3.960	11410	20.77	10.20	81.67	139.71	
		P3	3.870	14820	20.38	10.17	81.11	182.71	
		P4	4.035	15580	20.90	10.23	82.15	189.65	
		P5	4.070	16670	20.91	10.18	81.35	204.91	
		P6	3.960	16050	20.83	10.21	81.83	196.13	
		P7	4.110	15490	20.91	10.25	82.39	188.00	
		P8	3.815	13740	20.69	10.11	80.16	171.41	
		P9	3.845	15880	20.57	10.13	80.47	197.33	
		P10	3.980	14650	20.59	10.21	81.75	179.20	
		P11	3.930	15200	20.46	10.23	82.07	185.20	
		P12	3.920	14790	20.69	10.18	81.27	181.98	

Cuadro N° D.34 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.45	7	P1	3.900	26160	20.69	10.18	81.27	321.88	329.47
		P2	4.070	27900	20.91	10.22	81.99	340.28	
		P3	3.826	26100	20.33	10.18	81.27	321.15	
		P4	3.978	28180	20.48	10.22	81.99	343.69	
		P5	4.049	24770	20.91	10.19	81.43	304.18	
		P6	3.988	28890	20.90	10.20	81.67	353.73	
		P7	4.057	25630	20.91	10.15	80.79	317.23	
		P8	4.025	27590	20.91	10.18	81.35	339.15	
		P9	4.056	26150	20.91	10.29	83.04	314.92	
		P10	4.054	25870	20.91	10.25	82.39	313.98	

	P11	4.077	28770	20.91	10.23	82.07	350.54
	P12	4.008	27220	20.89	10.21	81.75	332.96

Cuadro N° D.35 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.45	28	P1	3.943	35670	20.80	10.21	81.83	435.90	393.15
		P2	4.064	28350	20.91	10.23	82.07	345.43	
		P3	4.049	32100	20.91	10.22	81.91	391.88	
		P4	4.031	32160	20.91	10.22	81.91	392.62	
		P5	4.091	28730	20.91	10.25	82.39	348.69	
		P6	4.066	28730	20.91	10.18	81.27	353.51	
		P7	3.975	31420	20.78	10.23	82.15	382.46	
		P8	3.997	34620	20.91	10.24	82.31	420.59	
		P9	4.001	35610	20.65	10.32	83.52	426.35	
		P10	4.029	34090	20.91	10.25	82.39	413.75	
		P11	4.036	31550	20.91	10.24	82.23	383.67	
		P12	3.967	36320	20.91	10.24	82.31	441.24	
		P13	3.994	31330	20.91	10.19	81.51	384.36	
		P14	3.872	31590	20.69	10.14	80.63	391.77	
		P15	3.846	32110	20.69	10.09	79.84	402.18	
		P16	3.942	33630	20.91	10.15	80.79	416.25	
		P17	4.099	30840	20.91	10.27	82.80	372.48	
		P18	4.092	32550	20.91	10.25	82.47	394.67	
		P19	4.084	32890	20.91	10.22	81.91	401.53	
		P20	4.048	27780	20.91	10.25	82.39	337.16	
		P21	3.991	35380	20.91	10.21	81.75	432.77	
		P22	4.128	32390	20.91	10.28	82.88	390.82	
		P23	3.977	31500	20.89	10.25	82.39	382.31	

Cuadro N° D.36 Resistencia a la compresión para el diseño CAM5 con relación  $a/c=0.45$  a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 $a/c=0.45$	56	P1	3.888	35520	20.56	10.13	80.55	440.94	426.65
		P2	3.982	38280	20.52	10.27	82.72	462.79	
		P3	4.025	34440	20.76	10.26	82.64	416.77	
		P4	3.823	37240	20.45	10.15	80.79	460.93	
		P5	4.054	34090	20.77	10.30	83.28	409.34	
		P6	4.011	34220	20.91	10.24	82.31	415.73	
		P7	3.988	35280	20.89	10.27	82.80	426.11	
		P8	3.849	36570	20.65	10.13	80.55	453.98	
		P9	3.810	35760	20.57	10.13	80.47	444.36	
		P10	3.876	33600	20.43	10.14	80.71	416.29	
		P11	3.983	31160	20.90	10.29	83.04	375.25	
		P12	4.049	36030	20.91	10.25	82.39	437.29	
		P13	4.014	35200	20.91	10.21	81.83	430.15	
		P14	3.989	35280	20.56	10.29	83.04	424.86	
		P15	3.847	35360	20.52	10.15	80.87	437.23	
		P16	3.959	31570	20.91	10.19	81.43	387.69	
		P17	3.994	35440	20.91	10.26	82.55	429.29	
		P18	3.955	34500	20.75	10.20	81.59	422.84	
		P19	3.951	33300	20.89	10.25	82.39	404.16	
		P20	4.073	31570	20.91	10.26	82.55	382.41	
		P21	3.846	34750	20.55	10.16	81.03	428.84	
		P22	4.127	39650	20.91	10.29	83.04	477.49	
		P23	3.964	35000	20.84	10.21	81.75	428.13	

Cuadro N° D.37 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación  $a/c=0.55$  a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 $a/c=0.55$	1	P1	3.919	12850	20.65	10.13	80.55	159.52	149.72
		P2	3.951	11940	20.63	10.15	80.79	147.79	
		P3	3.824	12700	20.47	10.10	80.00	158.75	

	P4	3.790	11140	20.45	10.07	79.60	139.94
	P5	3.932	13780	20.55	10.25	82.47	167.08
	P6	3.849	12630	20.01	10.35	84.09	150.19
	P7	4.042	13660	20.91	10.24	82.31	165.95
	P8	3.975	11810	20.88	10.22	81.91	144.18
	P9	3.967	13030	20.88	10.28	82.96	157.07
	P10	3.792	8870	20.48	10.11	80.16	110.66
	P11	3.945	11880	20.86	10.19	81.51	145.75

Cuadro N° D.38 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.55	7	P1	3.978	21470	20.81	10.25	82.47	260.32	290.02
		P2	4.005	26750	20.81	10.21	81.83	326.89	
		P3	4.021	25470	20.91	10.23	82.15	310.03	
		P4	4.000	22700	20.82	10.21	81.75	277.67	
		P5	3.991	24640	20.85	10.22	81.99	300.52	
		P6	3.975	23110	20.91	10.20	81.59	283.24	
		P7	3.905	25140	20.57	10.13	80.55	312.09	
		P8	4.094	21500	20.91	10.19	81.43	264.03	
		P9	3.860	23210	20.68	10.12	80.32	288.98	
		P10	4.044	22430	20.91	10.21	81.75	274.37	
		P11	4.033	23980	20.91	10.24	82.23	291.61	
		P12	4.004	24450	20.64	10.36	84.17	290.48	

Cuadro N° D.39 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.55	28	P1	3.917	30270	20.73	10.09	79.92	378.76	344.64
		P2	3.945	29850	20.79	10.18	81.27	367.29	
		P3	4.060	28150	20.91	10.24	82.23	342.32	
		P4	4.057	26880	20.91	10.25	82.39	326.24	
		P5	3.912	25200	20.87	10.12	80.40	313.45	

	P6	4.010	27130	20.88	10.26	82.64	328.31
	P7	4.009	29670	20.91	10.31	83.36	355.92
	P8	4.010	29290	20.83	10.25	82.47	355.14
	P9	4.042	28630	20.91	10.21	81.75	350.21
	P10	4.010	27860	20.91	10.19	81.43	342.13
	P11	3.958	26660	20.65	10.26	82.55	322.94
	P12	4.034	26960	20.89	10.19	81.43	331.08
	P13	4.013	31530	20.86	10.17	81.11	388.72
	P14	3.836	24370	20.47	10.09	79.92	304.93
	P15	4.029	27030	20.89	10.24	82.23	328.70
	P16	3.819	29730	20.48	10.08	79.68	373.11
	P17	3.974	30040	20.69	10.24	82.23	365.30
	P18	3.852	26400	20.54	10.20	81.67	323.25
	P19	4.030	29520	20.89	10.29	83.12	355.15
	P20	3.862	25780	20.46	10.15	80.79	319.09
	P21	4.050	30250	20.91	10.27	82.80	365.35

Cuadro N° D.40 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.55	56	P1	3.940	31530	20.91	10.13	80.47	391.80	383.19
		P2	4.001	31200	20.91	10.24	82.23	379.41	
		P3	4.027	34160	20.91	10.24	82.23	415.41	
		P4	4.025	32410	20.91	10.17	81.11	399.57	
		P5	4.063	32990	20.91	10.32	83.52	394.98	
		P6	3.870	31750	20.74	10.19	81.43	389.90	
		P7	3.982	30630	20.91	10.19	81.51	375.78	
		P8	3.988	32190	20.89	10.24	82.23	391.45	
		P9	4.137	28150	20.91	10.27	82.80	339.99	
		P10	4.068	31820	20.91	10.25	82.39	386.19	
		P11	4.086	32620	20.91	10.32	83.52	390.55	
		P12	4.027	28160	20.91	10.31	83.44	337.48	
		P13	3.959	32680	20.61	10.19	81.43	401.32	
		P14	3.976	34480	20.68	10.23	82.07	420.12	
		P15	4.013	33050	20.82	10.24	82.31	401.52	
		P16	4.075	31170	20.91	10.27	82.72	376.83	
		P17	3.926	31720	20.88	10.15	80.79	392.61	
		P18	4.002	27020	20.54	10.29	83.12	325.08	

	P19	4.350	31370	20.91	10.28	82.96	378.15
	P20	4.048	28020	20.91	10.22	81.91	342.08
	P21	3.961	34610	20.59	10.29	83.04	416.80

Cuadro N° D.41 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.50	1	P1	3.915	16410	20.81	10.18	81.27	201.92	195.68
		P2	4.005	15610	20.91	10.21	81.75	190.94	
		P3	3.935	14870	20.83	10.19	81.43	182.61	
		P4	3.990	15120	20.91	10.21	81.75	184.95	
		P5	4.015	17370	20.91	10.29	83.04	209.18	
		P6	3.970	14890	20.75	10.18	81.35	183.03	
		P7	3.925	16030	20.58	10.24	82.31	194.74	
		P8	3.915	15860	20.66	10.22	81.91	193.62	
		P9	3.980	17540	20.87	10.27	82.72	212.05	
		P10	3.960	16080	20.77	10.21	81.83	196.50	
		P11	3.960	16440	20.91	10.16	81.03	202.88	

Cuadro N° D.42 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.50	7	P1	3.989	23830	20.66	10.28	82.88	287.54	316.87
		P2	3.986	27720	20.88	10.26	82.55	335.78	
		P3	3.866	24830	20.63	10.13	80.55	308.24	
		P4	4.118	22240	20.91	10.20	81.67	272.31	
		P5	3.956	27320	20.75	10.22	81.99	333.20	
		P6	3.813	26790	20.63	10.11	80.24	333.89	
		P7	4.055	26280	20.91	10.30	83.28	315.56	
		P8	3.904	26800	20.51	10.26	82.64	324.32	
		P9	3.972	25830	20.82	10.22	81.99	315.03	
		P10	3.953	26390	20.82	10.22	81.99	321.86	
		P11	3.916	25540	20.88	10.22	81.99	311.49	



		P12	3.985	27980	20.86	10.19	81.51	343.27	
--	--	-----	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--

Cuadro N° D.43 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.50	28	P1	4.004	26530	20.65	10.25	82.39	321.99	384.31
		P2	3.967	32210	20.57	10.23	82.15	392.08	
		P3	3.938	31760	20.62	10.19	81.51	389.64	
		P4	3.964	31730	20.65	10.20	81.59	388.89	
		P5	3.954	32060	20.65	10.26	82.55	388.35	
		P6	3.965	31260	20.62	10.34	83.93	372.46	
		P7	3.997	31720	20.82	10.22	81.99	386.87	
		P8	3.902	31450	20.57	10.19	81.51	385.84	
		P9	3.803	32210	20.23	10.12	80.40	400.65	
		P10	3.974	33220	20.78	10.24	82.31	403.58	
		P11	4.058	29960	20.91	10.33	83.77	357.66	
		P12	3.919	31810	20.58	10.24	82.31	386.45	
		P13	3.977	29530	20.63	10.20	81.67	361.57	
		P14	3.804	30470	20.38	10.00	78.50	388.15	
		P15	3.829	32430	20.31	10.14	80.71	401.79	
		P16	3.970	31440	20.84	10.21	81.75	384.58	
		P17	3.889	31410	20.57	10.15	80.87	388.39	
		P18	3.960	32430	20.40	10.30	83.20	389.78	
		P19	3.796	31140	20.41	10.14	80.63	386.19	
		P20	4.050	31870	20.83	10.28	82.96	384.17	
		P21	3.952	33660	20.72	10.21	81.83	411.33	

Cuadro N° D.44 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.50	56	P1	3.993	34070	20.67	10.24	82.31	413.91	426.22
		P2	3.792	34230	20.22	10.16	80.95	422.84	
		P3	3.808	35830	20.14	10.13	80.47	445.23	

	P4	3.870	38890	20.30	10.19	81.43	477.58
	P5	3.938	33920	20.62	10.22	81.99	413.70
	P6	4.032	36440	20.91	10.19	81.51	447.05
	P7	3.974	34490	20.73	10.21	81.75	421.89
	P8	3.929	33130	20.17	10.27	82.72	400.53
	P9	3.938	37200	20.54	10.19	81.51	456.38
	P10	3.964	37000	20.71	10.21	81.83	452.15
	P11	3.887	36970	20.50	10.17	81.19	455.34
	P12	3.807	37210	20.20	10.12	80.32	463.30
	P13	3.938	33300	20.58	10.21	81.75	407.33
	P14	4.035	38520	20.87	10.27	82.80	465.24
	P15	3.964	35120	20.67	10.23	82.07	427.92
	P16	4.040	27330	20.91	10.22	81.91	333.65
	P17	4.028	32250	20.85	10.24	82.31	391.80
	P18	4.005	30920	20.85	10.24	82.23	376.01
	P19	3.972	32600	20.77	10.16	81.03	402.31
	P20	3.840	36010	20.37	10.12	80.32	448.35
	P21	3.794	34550	20.40	10.14	80.71	428.06

Cuadro N° D.45 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 1 día de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.45	1	P1	3.915	17480	20.57	10.30	83.28	209.89	206.51
		P2	3.860	16850	20.91	10.13	80.55	209.18	
		P3	3.840	17450	20.54	10.19	81.51	214.08	
		P4	3.910	16810	20.85	10.19	81.51	206.23	
		P5	3.945	16690	20.83	10.21	81.83	203.96	
		P6	3.935	15890	20.91	10.19	81.51	194.94	
		P7	3.860	15620	20.65	10.21	81.75	191.07	
		P8	3.935	18560	20.91	10.26	82.55	224.82	
		P9	3.900	17440	20.74	10.23	82.15	212.29	
		P10	3.860	15840	20.84	10.30	83.28	190.20	
		P11	3.755	17200	20.65	10.10	80.00	215.00	

Cuadro N° D.46 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 7 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.45	7	P1	3.877	28050	20.79	10.23	82.15	341.44	347.23
		P2	3.805	25880	20.63	10.12	80.40	321.91	
		P3	4.005	28570	20.91	10.22	81.91	348.79	
		P4	3.886	29920	20.72	10.21	81.75	365.99	
		P5	3.931	30530	20.85	10.27	82.72	369.10	
		P6	3.883	28490	20.73	10.21	81.83	348.15	
		P7	3.934	26240	20.91	10.24	82.31	318.78	
		P8	3.936	28960	20.91	10.13	80.47	359.86	
		P9	3.916	30520	20.84	10.24	82.31	370.78	
		P10	3.817	28800	20.49	10.21	81.75	352.29	
		P11	4.005	26010	20.91	10.26	82.64	314.76	
		P12	3.922	29010	20.88	10.21	81.75	354.86	

Cuadro N° D.47 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.45	28	P1	3.893	37760	20.35	10.23	82.15	459.63	415.46
		P2	3.900	33220	20.44	10.23	82.07	404.77	
		P3	3.918	33320	20.67	10.21	81.83	407.18	
		P4	3.665	31720	20.32	10.17	81.11	391.06	
		P5	3.959	30960	20.84	10.26	82.64	374.66	
		P6	3.898	37330	20.68	10.26	82.64	451.75	
		P7	3.855	37450	20.56	10.17	81.19	461.25	
		P8	3.888	31170	20.45	10.30	83.20	374.64	
		P9	3.894	34620	20.59	10.18	81.35	425.56	
		P10	3.821	37540	20.68	10.25	82.39	455.62	
		P11	3.846	36450	20.26	10.27	82.80	440.24	
		P12	3.921	35640	20.36	10.17	81.19	438.96	
		P13	3.905	37400	20.37	10.32	83.60	447.34	
		P14	3.994	33400	20.91	10.23	82.15	406.56	
		P15	3.860	30110	20.52	10.17	81.11	371.22	

	P16	3.878	30770	20.61	10.24	82.23	374.18
	P17	3.878	33640	20.48	10.24	82.23	409.08
	P18	3.887	34490	20.77	10.13	80.47	428.58
	P19	3.838	32600	20.60	10.23	82.15	396.82
	P20	3.841	31860	20.47	10.20	81.67	390.10
	P21	3.894	34150	20.37	10.20	81.67	418.14
	P22	3.945	33520	20.15	10.17	81.19	412.85

Cuadro N° D.48 Resistencia a la compresión para el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.45	56	P1	4.004	33450	20.91	10.24	82.31	406.37	433.04
		P2	3.870	37390	20.59	10.19	81.51	458.71	
		P3	3.914	34480	20.59	10.26	82.64	417.26	
		P4	3.952	35400	21.10	10.45	85.72	412.95	
		P5	3.972	34060	20.72	10.20	81.59	417.45	
		P6	3.917	34110	20.67	10.22	81.99	416.02	
		P7	3.953	35200	21.05	10.40	84.91	414.58	
		P8	3.967	37790	20.91	10.19	81.51	463.62	
		P9	3.959	33370	20.86	10.19	81.43	409.79	
		P10	3.956	38890	20.85	10.19	81.51	477.11	
		P11	3.938	36700	20.76	10.23	82.07	447.17	
		P12	3.975	35990	20.75	10.23	82.15	438.09	
		P13	3.942	34900	20.88	10.35	84.09	415.03	
		P14	3.930	34940	20.67	10.21	81.75	427.39	
		P15	3.926	34000	20.65	10.45	85.72	396.62	
		P16	3.769	37760	20.23	10.12	80.32	470.14	
		P17	3.929	38810	20.72	10.27	82.72	469.20	
		P18	3.935	31230	20.83	10.21	81.83	381.64	
		P19	3.804	39180	20.43	10.09	79.84	490.73	
		P20	3.897	35400	20.63	10.23	82.15	430.91	
		P21	3.954	35300	20.50	10.09	79.84	442.13	
		P22	3.975	35010	20.68	10.29	83.04	421.61	
		P23	3.896	35560	20.28	10.20	81.67	435.40	

Cuadro N° D.49 Cantidad de probetas del ensayo de resistencia a la compresión

a/c	Diseño de mezcla	Cantidad de probetas (10 x 20 cm)				Total
		Edad (días)				
		1	7	28	56	
0.55	CP	10	10	22	11	53
	CPA	10	11	21	11	53
	CAM5	11	12	24	22	69
	CAM10	11	12	21	21	65
0.50	CP	10	10	22	11	53
	CPA	11	11	22	11	55
	CAM5	12	12	20	22	66
	CAM10	11	12	21	21	65
0.45	CP	10	10	21	11	52
	CPA	11	11	21	11	54
	CAM5	12	12	23	23	70
	CAM10	11	12	22	23	68
Total		130	135	260	198	723

Cuadro N° D.50 Valores del ensayo de resistencia a la compresión

a/c	Diseño de mezcla	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
		Edad (días)			
		1	7	28	56
0.55	CP	73	222	276	278
	CPA	106	250	352	361
	CAM5	168	289	351	406
	CAM10	150	290	345	383
0.50	CP	73	271	358	373
	CPA	126	302	387	392
	CAM5	157	306	383	419
	CAM10	196	317	384	426
0.45	CP	116	283	410	420
	CPA	143	332	445	455
	CAM5	182	329	393	427
	CAM10	207	347	415	433

## RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Cuadro N° D.51 Resistencia a la tracción para el diseño CP con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.55	28	P1	4.053	10800	20.91	10.23	82.07	32.16	30.85
		P2	3.962	9550	20.49	10.30	83.20	28.82	
		P3	4.011	10250	20.74	10.23	82.15	30.76	
		P4	3.960	10150	20.45	10.24	82.23	30.87	
		P5	4.005	10500	20.65	10.24	82.31	31.61	

Cuadro N° D.52 Resistencia a la tracción para el diseño CP con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.50	28	P1	3.998	11850	20.68	10.21	81.83	35.74	36.55
		P2	4.014	11550	20.77	10.24	82.31	34.57	
		P3	3.976	11250	20.62	10.24	82.23	33.94	
		P4	4.002	12650	20.66	10.28	82.96	37.93	
		P5	4.046	13650	20.91	10.25	82.39	40.57	

Cuadro N° D.53 Resistencia a la tracción para el diseño CP con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CP a/c=0.45	28	P1	3.834	12000	20.32	10.14	80.63	37.10	35.63
		P2	4.085	11750	20.91	10.27	82.72	34.86	
		P3	4.023	12100	20.66	10.25	82.39	36.39	
		P4	4.099	12450	20.85	10.32	83.52	36.86	
		P5	4.005	11000	20.85	10.21	81.75	32.92	

Cuadro N° D.54 Resistencia a la tracción para el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.55	28	P1	4.058	9750	20.91	10.22	81.99	29.05	29.52
		P2	3.930	8150	20.34	10.22	81.99	24.96	
		P3	3.989	10000	20.78	10.16	80.95	30.17	
		P4	3.832	9600	20.45	10.14	80.71	29.48	
		P5	3.970	11250	20.68	10.21	81.83	33.93	

Cuadro N° D.55 Resistencia a la tracción para el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.50	28	P1	4.038	10550	20.86	10.25	82.39	31.43	30.24
		P2	3.923	10600	20.46	10.16	80.95	32.48	
		P3	4.057	10850	20.86	10.28	82.96	32.22	
		P4	3.852	9250	20.44	10.09	79.92	28.55	
		P5	4.045	8800	20.68	10.23	82.07	26.50	

Cuadro N° D.56 Resistencia a la tracción para el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CPA a/c=0.45	28	P1	4.034	10950	20.88	10.25	82.47	32.58	31.48
		P2	4.044	10950	20.79	10.24	82.23	32.76	
		P3	3.962	10500	20.70	10.15	80.79	31.84	
		P4	4.061	9800	20.75	10.26	82.55	29.32	
		P5	4.033	10350	20.83	10.24	82.23	30.91	

Cuadro N° D.57 Resistencia a la tracción para el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.55	28	P1	3.979	13050	20.90	10.09	79.92	39.40	36.71
		P2	3.983	10950	20.86	10.06	79.44	33.22	
		P3	4.008	12500	20.88	10.07	79.60	37.85	
		P4	4.043	13150	20.91	10.06	79.44	39.80	
		P5	4.019	11000	20.91	10.06	79.37	33.31	

Cuadro N° D.58 Resistencia a la tracción para el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.50	28	P1	4.149	10950	20.91	10.25	82.39	32.54	33.26
		P2	4.048	10950	20.85	10.25	82.47	32.63	
		P3	4.107	11150	20.74	10.22	81.91	33.50	
		P4	3.992	9650	20.41	10.34	83.93	29.11	
		P5	4.089	12900	20.91	10.24	82.31	38.35	
		P6	4.058	11150	20.70	10.27	82.72	33.41	

Cuadro N° D.59 Resistencia a la tracción para el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM5 a/c=0.45	28	P1	3.872	12700	20.49	10.13	80.55	38.95	35.67
		P2	4.039	12100	20.91	10.13	80.47	36.38	
		P3	4.039	11100	20.73	10.35	84.09	32.94	
		P4	3.919	10000	20.71	10.17	81.11	30.25	
		P5	4.003	13150	20.85	10.24	82.23	39.23	
		P6	4.115	12100	20.91	10.16	81.03	36.26	



Cuadro N° D.60 Resistencia a la tracción para el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.55	28	P1	4.065	11350	20.58	10.38	84.50	33.84	31.83
		P2	4.060	11500	20.89	10.23	82.15	34.27	
		P3	4.075	10650	20.78	10.22	81.91	31.95	
		P4	4.005	10000	20.77	10.26	82.55	29.89	
		P5	4.050	9750	20.86	10.19	81.43	29.22	

Cuadro N° D.61 Resistencia a la tracción para el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.50	28	P1	3.945	13250	20.91	10.05	79.29	40.14	38.19
		P2	3.984	13100	20.81	10.24	82.23	39.16	
		P3	4.026	12650	20.90	10.25	82.39	37.62	
		P4	4.064	11150	20.91	10.26	82.64	33.09	
		P5	3.945	13450	20.58	10.16	81.03	40.95	

Cuadro N° D.62 Resistencia a la tracción para el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 28 días de curado

Diseño	Curado (días)	Probeta	Peso probeta (kg)	Carga (kg)	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Área transversal (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CAM10 a/c=0.45	28	P1	3.979	12850	20.67	10.24	82.31	38.65	36.45
		P2	4.007	11350	20.90	10.24	82.23	33.79	
		P3	3.768	12350	20.40	10.14	80.71	38.01	
		P4	3.955	12000	20.70	10.28	82.88	35.92	
		P5	3.832	11900	20.74	10.18	81.27	35.90	

Cuadro N° D.63 Cantidad de probetas del ensayo de tracción por compresión diametral

a/c	Diseño de mezcla	Cantidad de probetas (10 x 20 cm)
		Edad (28 días)
0.55	CP	5
	CPA	5
	CAM5	5
	CAM10	5
0.50	CP	5
	CPA	5
	CAM5	6
	CAM10	5
0.45	CP	5
	CPA	5
	CAM5	6
	CAM10	5

Cuadro N° D.64 Valores del ensayo de tracción por compresión diametral

a/c	Diseño de mezcla	Compresión por tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> )
		Edad (28 días)
0.55	CP	30.85
	CPA	29.52
	CAM5	36.71
	CAM10	31.83
0.50	CP	36.55
	CPA	30.24
	CAM5	33.26
	CAM10	38.19
0.45	CP	35.63
	CPA	31.48
	CAM5	35.67
	CAM10	36.45

## MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO

Cuadro N° D.65 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)				
a/c=0.55				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.27	10.20	10.23	10.23
Altura (cm)	20.29	20.65	20.20	20.38
Área (cm <sup>2</sup> )	82.84	81.71	82.19	82.25
Carga (kg)	24200	28000	24600	25600
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	292.14	342.66	299.29	311.36
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	21034	24672	21549	22418

Cuadro N° D.66 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

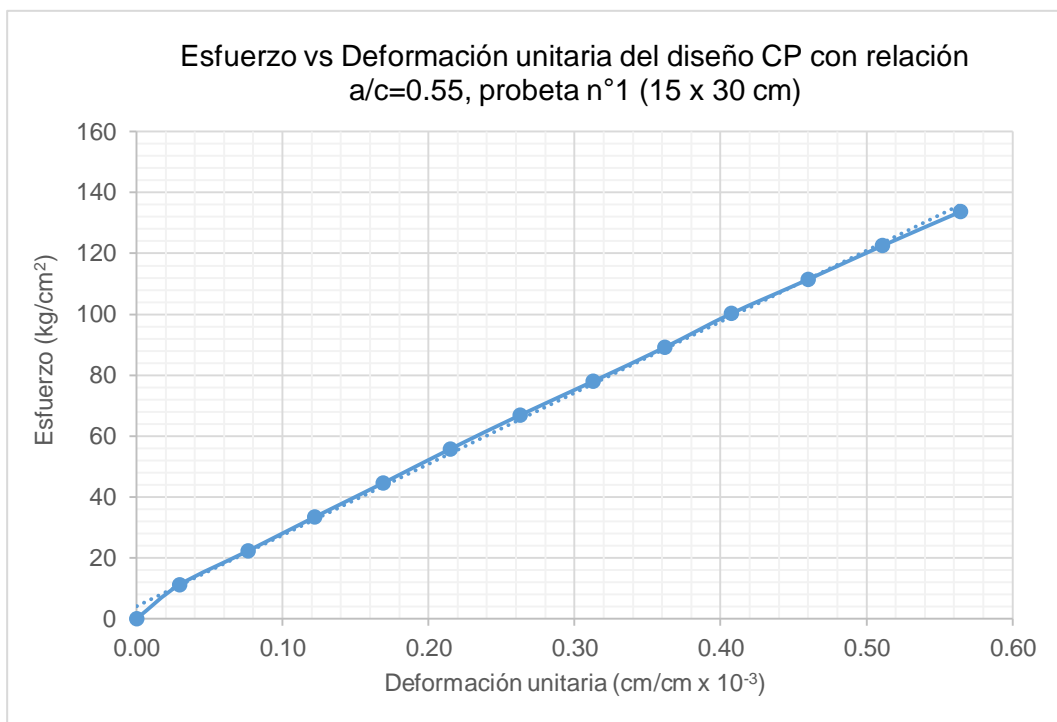
Diseño CP (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.1	15.14	15.12
Altura (cm)	30.62	30.58	30.6
Área (cm <sup>2</sup> )	179.08	180.03	179.55
Carga (kg)	61600		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	343.07		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	137.23		

Cuadro N° D.67 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.002	0.002	0.001	0.00	0.0000
2000	0.008	0.011	0.012	0.010	11.14	0.0294
4000	0.022	0.026	0.026	0.025	22.28	0.0763
6000	0.036	0.040	0.040	0.039	33.42	0.1220

8000	0.049	0.055	0.055	0.053	44.55	0.1688
10000	0.063	0.069	0.069	0.067	55.69	0.2146
12000	0.077	0.083	0.085	0.082	66.83	0.2625
14000	0.092	0.099	0.100	0.097	77.97	0.3126
16000	0.107	0.114	0.115	0.112	89.11	0.3617
18000	0.121	0.128	0.129	0.126	100.25	0.4074
20000	0.139	0.143	0.144	0.142	111.39	0.4597
22000	0.154	0.159	0.160	0.158	122.53	0.5109
24000	0.172	0.175	0.175	0.174	133.66	0.5643

Gráfico N° D.1 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.68 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.80
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	137.23
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5698
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	233600

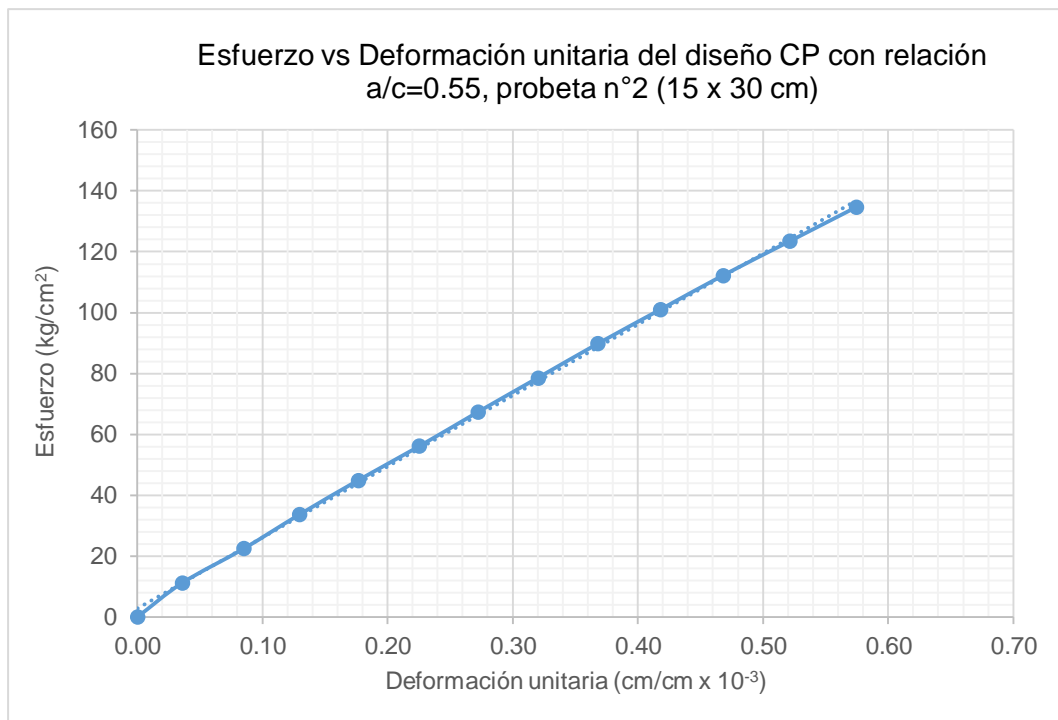
Cuadro N° D.69 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.06	15.07	15.065
Altura (cm)	30.6	30.67	30.635
Área (cm <sup>2</sup> )	178.13	178.37	178.25
Carga (kg)	62500		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	350.63		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	140.25		

Cuadro N° D.70 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.007	0.007	0.005	0.00	0.0000
2000	0.011	0.017	0.019	0.016	11.22	0.0359
4000	0.025	0.033	0.034	0.031	22.44	0.0849
6000	0.039	0.046	0.048	0.044	33.66	0.1295
8000	0.054	0.060	0.062	0.059	44.88	0.1763
10000	0.067	0.076	0.078	0.074	56.10	0.2252
12000	0.081	0.090	0.093	0.088	67.32	0.2720
14000	0.097	0.104	0.107	0.103	78.54	0.3199
16000	0.111	0.12	0.121	0.117	89.76	0.3678
18000	0.127	0.134	0.137	0.133	100.98	0.4178
20000	0.143	0.150	0.151	0.148	112.20	0.4679
22000	0.160	0.165	0.168	0.164	123.42	0.5212
24000	0.179	0.181	0.182	0.181	134.64	0.5745

Gráfico N° D.2 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.71 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.53
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	140.25
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5891
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	233230

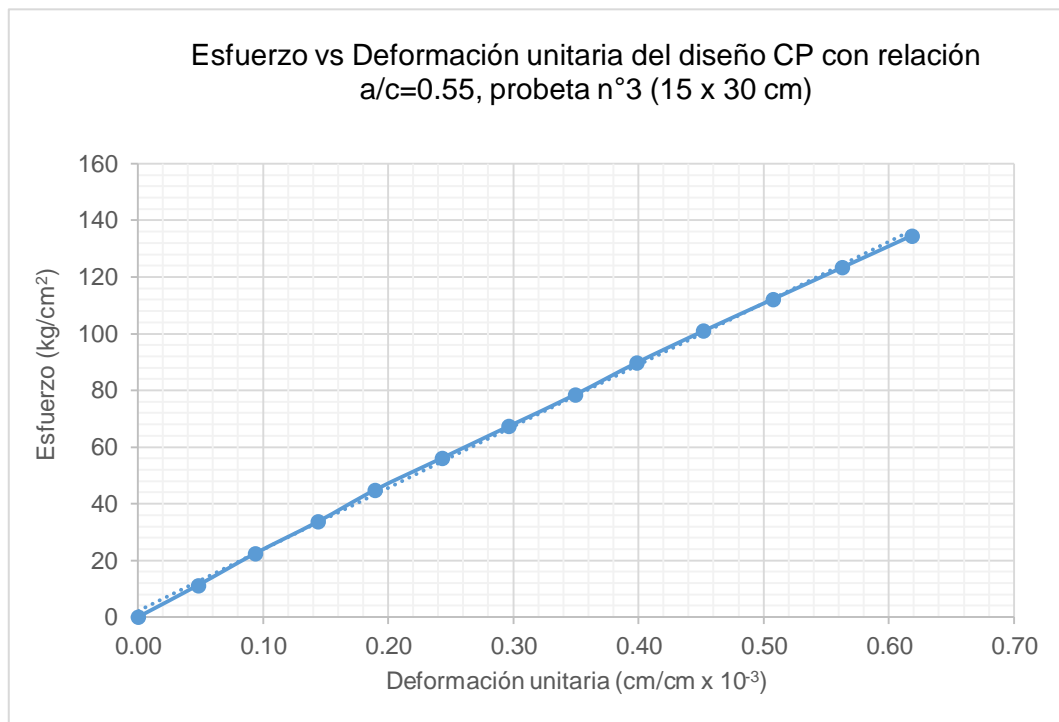
Cuadro N° D.72 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.06	15.08	15.07
Altura (cm)	30.66	30.6	30.63
Área (cm <sup>2</sup> )	178.13	178.60	178.37
Carga (kg)	61200		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	343.11		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	137.24		

Cuadro N° D.73 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.012	0.008	0.00	0.0000
2000	0.017	0.024	0.026	0.022	11.21	0.0479
4000	0.030	0.039	0.040	0.036	22.43	0.0936
6000	0.044	0.054	0.057	0.052	33.64	0.1437
8000	0.058	0.068	0.071	0.066	44.85	0.1894
10000	0.074	0.085	0.087	0.082	56.06	0.2427
12000	0.090	0.101	0.104	0.098	67.28	0.2960
14000	0.106	0.118	0.120	0.115	78.49	0.3493
16000	0.123	0.132	0.134	0.130	89.70	0.3983
18000	0.139	0.148	0.151	0.146	100.92	0.4516
20000	0.158	0.165	0.166	0.163	112.13	0.5071
22000	0.176	0.181	0.183	0.180	123.34	0.5626
24000	0.194	0.198	0.199	0.197	134.55	0.6181

Gráfico N° D.3 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.74 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

<b>Diseño CP (56 días)</b>	
<b>a/c=0.55</b>	
<b>Probeta n°3 (15 x 30 cm)</b>	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	12.95
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	137.24
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6221
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	217270

Cuadro N° D.75 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

<b>Diseño CPA (56 días)</b>				
<b>a/c=0.55</b>				
<b>Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)</b>				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.28	10.12	10.23	10.21
Altura (cm)	20.34	20.46	20.51	20.44



Área (cm <sup>2</sup> )	83.00	80.44	82.19	81.88
Carga (kg)	30400	27200	29500	29033
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	366.27	338.16	358.91	354.44
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	26371	24347	25841	25520

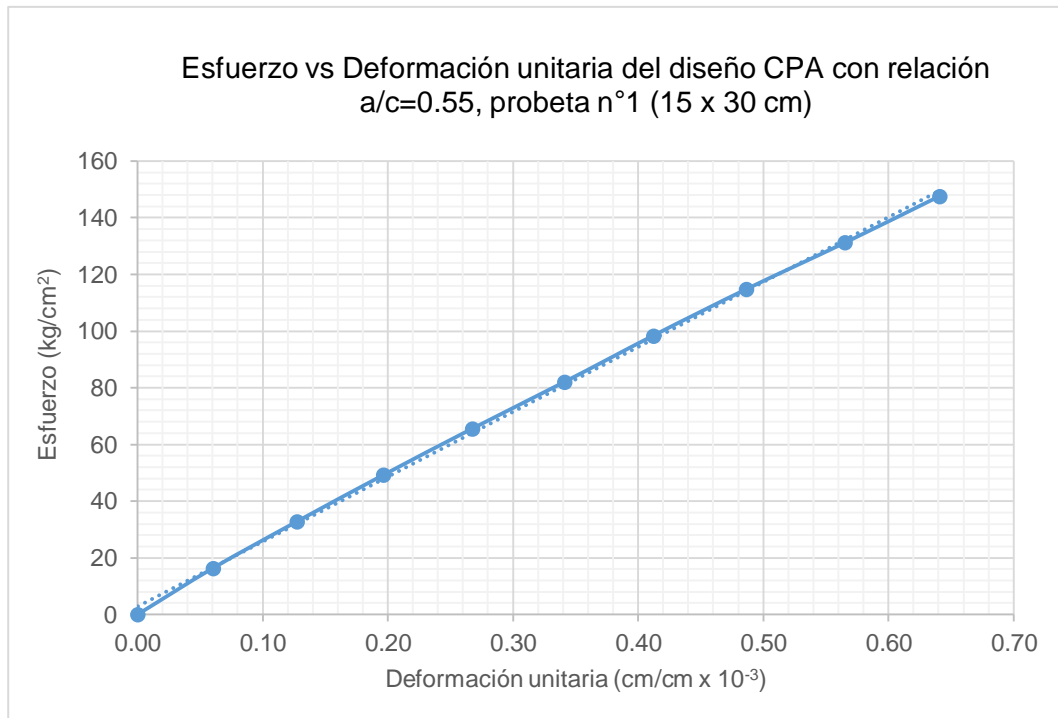
Cuadro N° D.76 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.37	15.15	15.26
Altura (cm)	30.9	30.9	30.9
Área (cm <sup>2</sup> )	185.54	180.27	182.90
Carga (kg)	63000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	344.44		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	137.78		

Cuadro N° D.77 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.002	0.005	0.002	0.00	0.0000
3000	0.017	0.022	0.024	0.021	16.40	0.0604
6000	0.036	0.044	0.045	0.042	32.80	0.1273
9000	0.057	0.064	0.068	0.063	49.21	0.1963
12000	0.078	0.087	0.090	0.085	65.61	0.2675
15000	0.101	0.110	0.112	0.108	82.01	0.3409
18000	0.123	0.132	0.134	0.130	98.41	0.4121
21000	0.146	0.154	0.158	0.153	114.81	0.4865
24000	0.171	0.179	0.181	0.177	131.22	0.5653
27000	0.198	0.200	0.203	0.200	147.62	0.6408

Gráfico N° D.4 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.78 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

<b>Diseño CPA (56 días)</b>	
<b>a/c=0.55</b>	
<b>Probeta n°1 (15 x 30 cm)</b>	
<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.3902
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	137.78
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5893
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	228790

Cuadro N° D.79 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

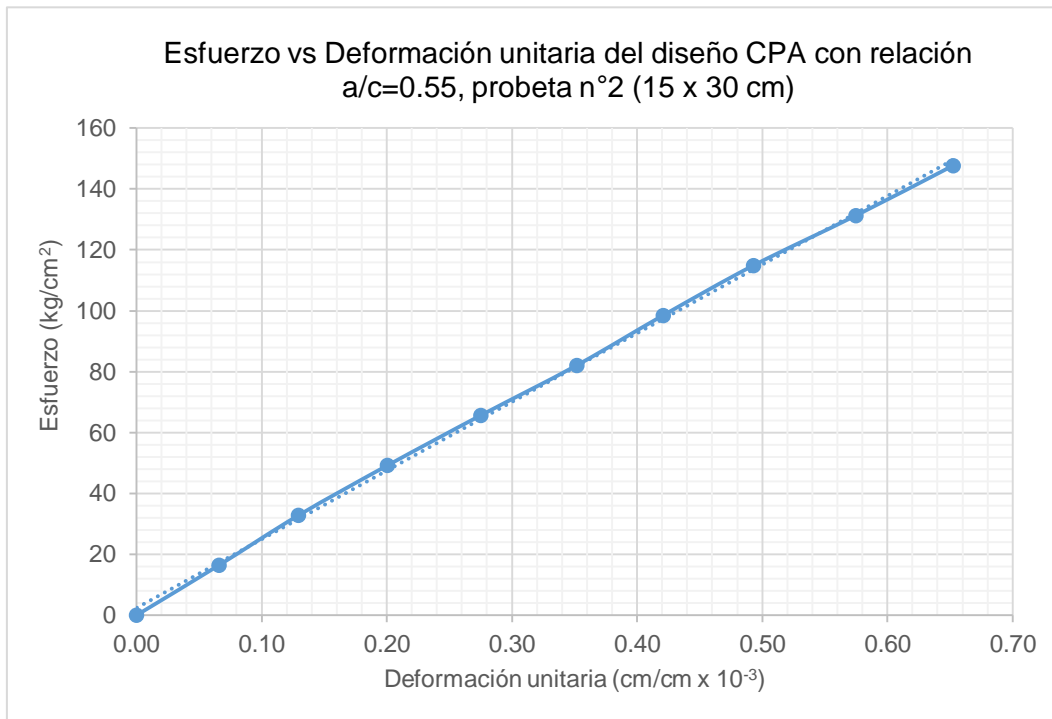
<b>Diseño CPA (56 días)</b>			
<b>a/c=0.55</b>			
<b>Probeta n°2 (15 x 30 cm)</b>			
<b>Datos</b>	<b>Dato 1</b>	<b>Dato 2</b>	<b>Promedio</b>
Diámetro (cm)	15.15	15.36	15.255
Altura (cm)	30.9	30.9	30.9
Área (cm <sup>2</sup> )	180.27	185.30	182.78

Carga (kg)	63700
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	348.50
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	139.40

Cuadro N° D.80 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.005	0.006	0.004	0.00	0.0000
3000	0.020	0.026	0.026	0.024	16.41	0.0658
6000	0.039	0.046	0.046	0.044	32.83	0.1295
9000	0.059	0.069	0.069	0.066	49.24	0.2006
12000	0.082	0.091	0.093	0.089	65.65	0.2751
15000	0.104	0.114	0.119	0.112	82.06	0.3517
18000	0.125	0.137	0.139	0.134	98.48	0.4207
21000	0.149	0.158	0.161	0.156	114.89	0.4930
24000	0.176	0.183	0.185	0.181	131.30	0.5750
27000	0.204	0.205	0.207	0.205	147.72	0.6527

Gráfico N° D.5 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.81 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	13.7522
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	139.40
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6069
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	225620

Cuadro N° D.82 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

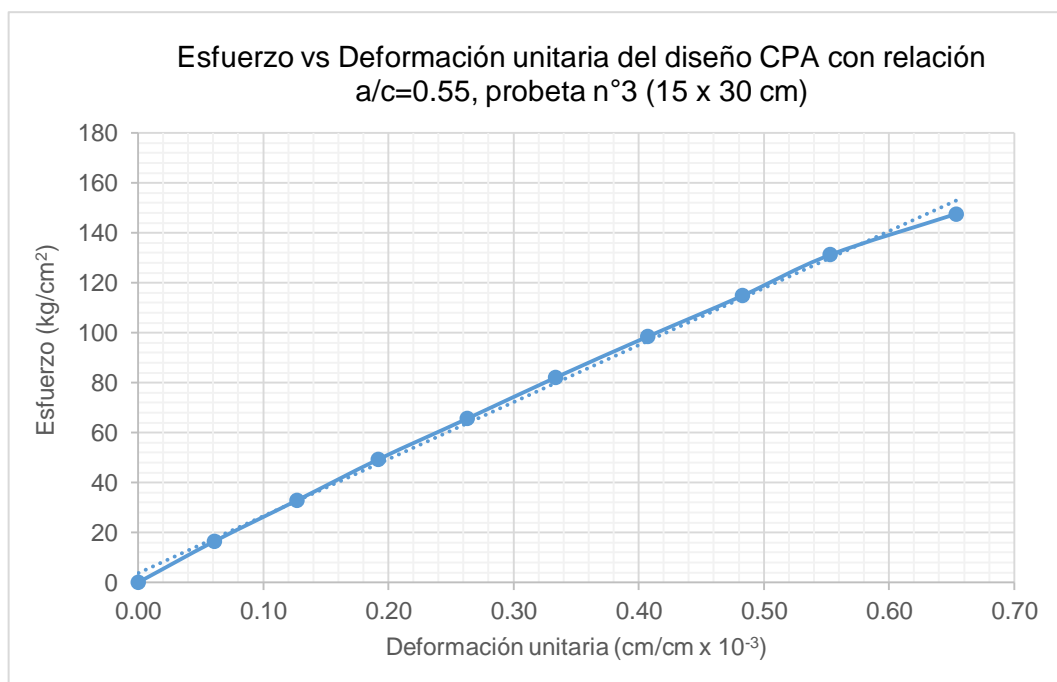
Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.17	15.35	15.26
Altura (cm)	30.8	30.8	30.8
Área (cm <sup>2</sup> )	180.74	185.06	182.90

Carga (kg)	60800
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	332.42
40% <i>f</i> ' <i>c</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	132.97

Cuadro N° D.83 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación *a/c*=0.55 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
<i>a/c</i> =0.55						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.005	0.006	0.004	0.00	0.0000
3000	0.019	0.024	0.024	0.022	16.40	0.0606
6000	0.038	0.045	0.045	0.043	32.80	0.1266
9000	0.057	0.064	0.067	0.063	49.21	0.1916
12000	0.078	0.086	0.090	0.085	65.61	0.2630
15000	0.099	0.109	0.111	0.106	82.01	0.3333
18000	0.121	0.133	0.133	0.129	98.41	0.4069
21000	0.144	0.157	0.156	0.152	114.82	0.4827
24000	0.17	0.173	0.179	0.174	131.22	0.5530
27000	0.205	0.205	0.205	0.205	147.62	0.6537

Gráfico N° D.6 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación *a/c*=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.84 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.1278
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	132.97
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5664
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	228210

Cuadro N° D.85 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)				
a/c=0.55				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.20	10.10	10.23	10.18
Altura (cm)	20.91	20.50	20.91	20.77
Área (cm <sup>2</sup> )	81.71	80.12	82.19	81.34
Carga (kg)	31200	30600	30800	30867
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	381.83	381.93	374.72	379.49
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	27491	27499	26980	27324

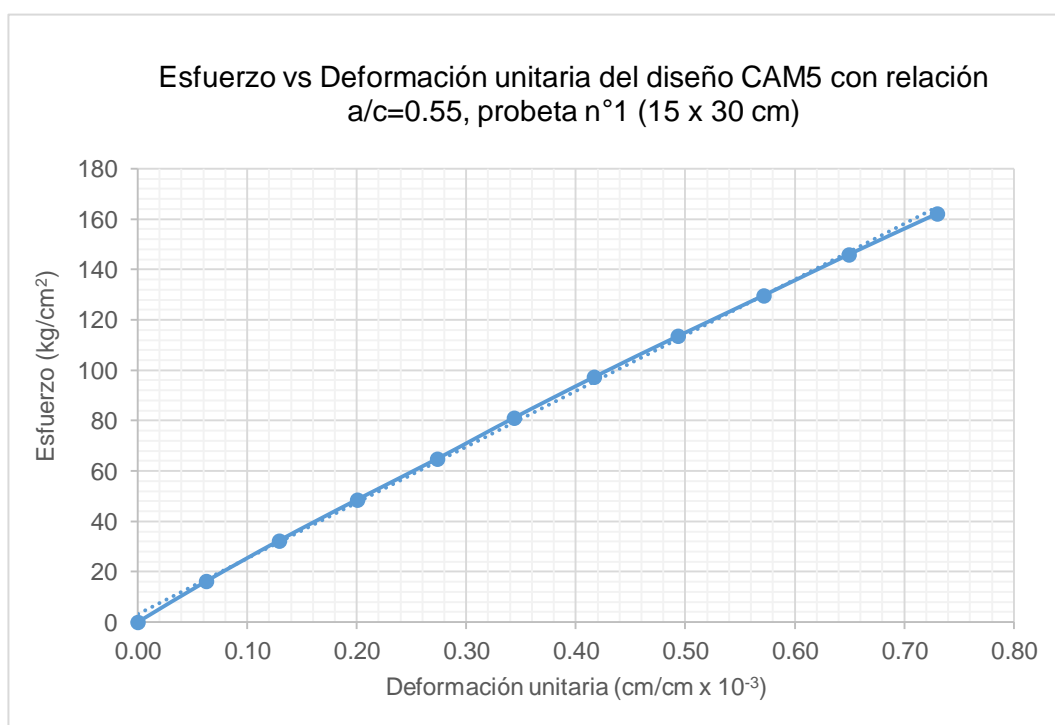
Cuadro N° D.86 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.17	15.52	15.345
Altura (cm)	31.00	30.9	30.95
Área (cm <sup>2</sup> )	180.74	189.18	184.96
Carga (kg)	60600		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	327.64		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	131.05		

Cuadro N° D.87 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.013	0.013	0.009	0.00	0.0000
3000	0.018	0.033	0.033	0.028	16.22	0.0625
6000	0.037	0.054	0.055	0.049	32.44	0.1292
9000	0.058	0.077	0.077	0.071	48.66	0.2003
12000	0.080	0.100	0.100	0.093	64.88	0.2736
15000	0.101	0.121	0.123	0.115	81.10	0.3436
18000	0.123	0.144	0.146	0.138	97.32	0.4168
21000	0.148	0.168	0.168	0.161	113.54	0.4933
24000	0.175	0.191	0.191	0.186	129.76	0.5719
27000	0.201	0.214	0.214	0.210	145.98	0.6495
30000	0.229	0.237	0.238	0.235	162.20	0.7302

Gráfico N° D.7 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.88 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.31
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	131.05
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5777
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	221230

Cuadro N° D.89 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.42	15.08	15.25
Altura (cm)	30.90	31	30.95
Área (cm <sup>2</sup> )	186.75	178.60	182.68
Carga (kg)	60000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	328.45		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	131.38		

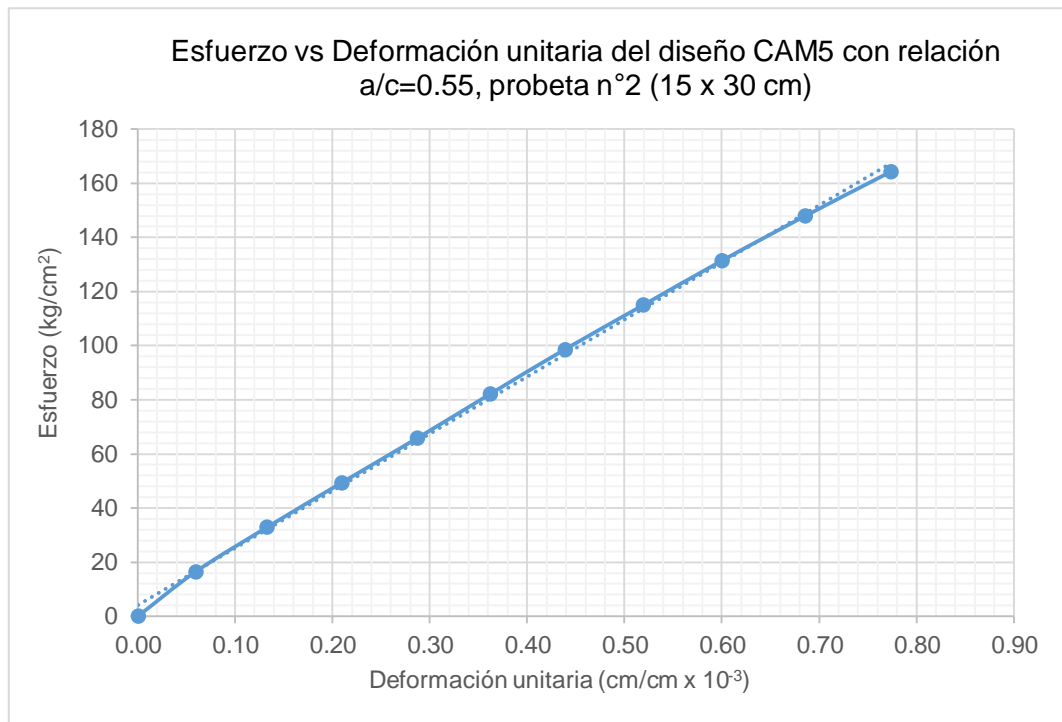
Cuadro N° D.90 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.011	0.007	0.00	0.0000
3000	0.017	0.030	0.030	0.026	16.42	0.0592
6000	0.038	0.053	0.054	0.048	32.84	0.1325
9000	0.059	0.077	0.080	0.072	49.27	0.2089
12000	0.083	0.101	0.104	0.096	65.69	0.2865
15000	0.106	0.124	0.128	0.119	82.11	0.3619
18000	0.130	0.147	0.152	0.143	98.53	0.4384
21000	0.158	0.171	0.175	0.168	114.96	0.5191



24000	0.184	0.196	0.199	0.193	131.38	0.5999
27000	0.212	0.222	0.224	0.219	147.80	0.6850
30000	0.243	0.247	0.250	0.247	164.22	0.7733

Gráfico N° D.8 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.91 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.64
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	131.38
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6029
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	211150

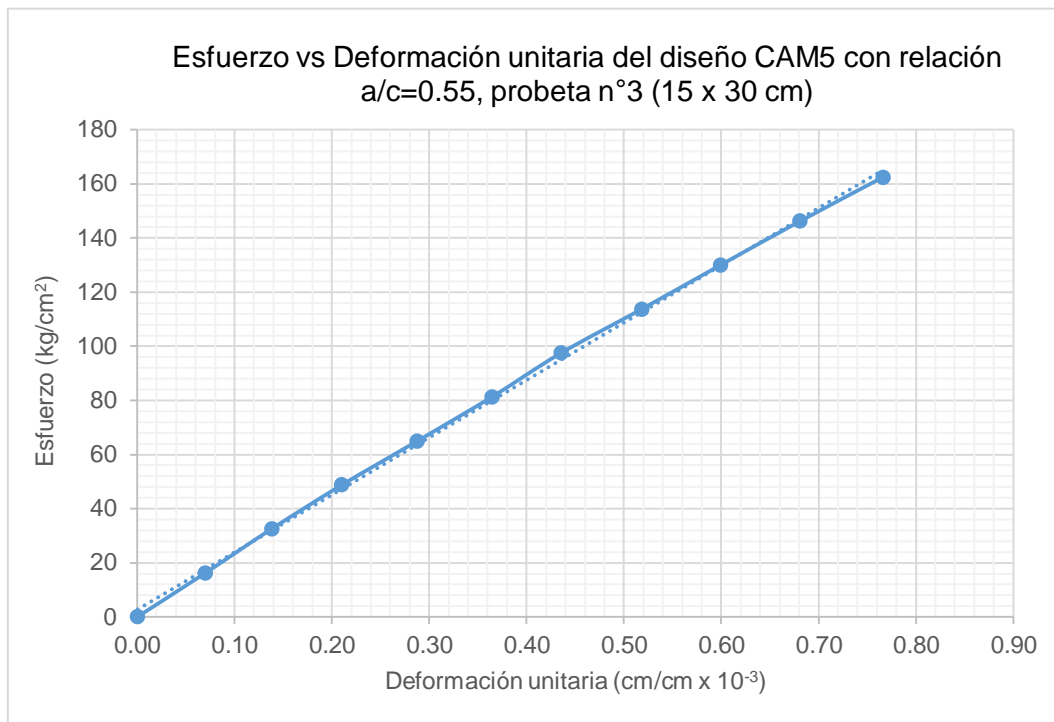
Cuadro N° D.92 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.17	15.5	15.335
Altura (cm)	30.90	31	30.95
Área (cm <sup>2</sup> )	180.74	188.69	184.72
Carga (kg)	61800		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	334.57		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	133.83		

Cuadro N° D.93 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.013	0.008	0.00	0.0000
3000	0.021	0.034	0.034	0.030	16.24	0.0700
6000	0.040	0.055	0.057	0.051	32.48	0.1379
9000	0.059	0.080	0.080	0.073	48.72	0.2100
12000	0.082	0.104	0.105	0.097	64.96	0.2876
15000	0.105	0.127	0.130	0.121	81.21	0.3640
18000	0.129	0.148	0.151	0.143	97.45	0.4351
21000	0.156	0.173	0.176	0.168	113.69	0.5181
24000	0.185	0.196	0.199	0.193	129.93	0.5988
27000	0.212	0.220	0.224	0.219	146.17	0.6807
30000	0.241	0.246	0.248	0.245	162.41	0.7658

Gráfico N° D.9 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.94 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

<b>Diseño CAM5 (56 días)</b>	
<b>a/c=0.55</b>	
<b>Probeta n°3 (15 x 30 cm)</b>	
<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	13.40
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	133.83
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6180
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	212000

Cuadro N° D.95 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)				
a/c=0.55				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.23	10.18	10.18	10.20
Altura (cm)	21.34	21.08	21.05	21.16
Área (cm <sup>2</sup> )	82.19	81.39	81.39	81.66
Carga (kg)	32200	33200	33600	33000
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	391.76	407.90	412.81	404.16
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	28206	29369	29723	29099

Cuadro N° D.96 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

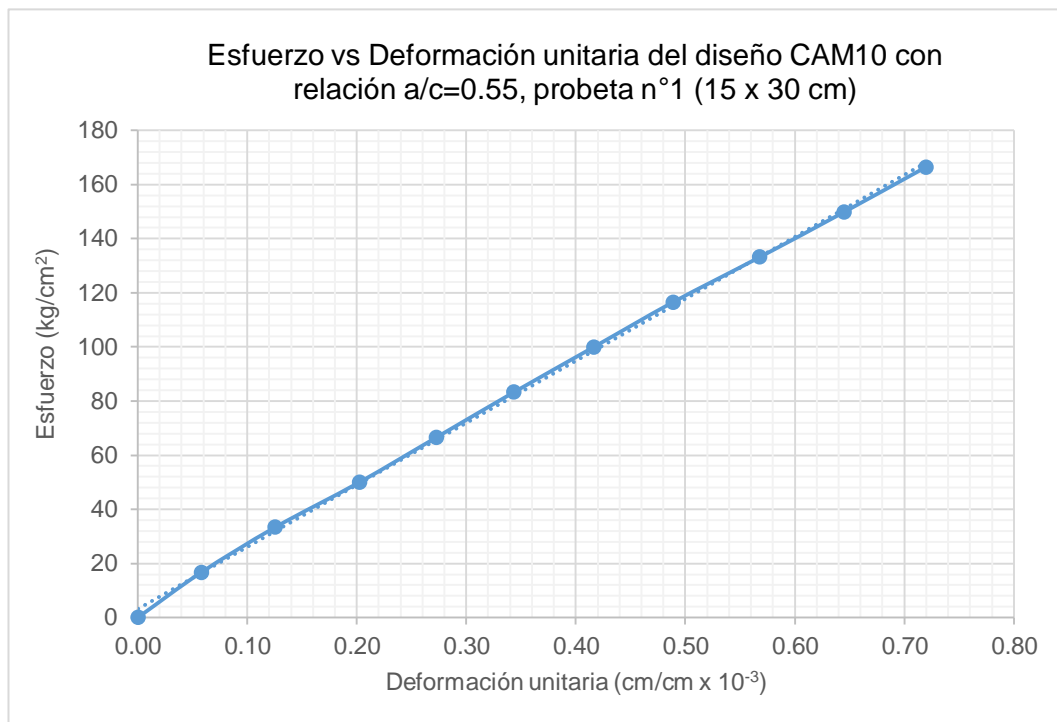
Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.12	15.18	15.15
Altura (cm)	31.2	31.15	31.175
Área (cm <sup>2</sup> )	179.55	180.98	180.27
Carga (kg)	63400		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	351.70		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	140.68		

Cuadro N° D.97 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.002	0.003	0.002	0.00	0.0000
3000	0.019	0.020	0.020	0.020	16.64	0.0577
6000	0.039	0.041	0.042	0.041	33.28	0.1251
9000	0.062	0.066	0.066	0.065	49.93	0.2021
12000	0.082	0.088	0.090	0.087	66.57	0.2727

15000	0.105	0.109	0.112	0.109	83.21	0.3432
18000	0.128	0.132	0.134	0.131	99.85	0.4159
21000	0.152	0.153	0.157	0.154	116.49	0.4886
24000	0.177	0.179	0.180	0.179	133.14	0.5678
27000	0.204	0.200	0.204	0.203	149.78	0.6448
30000	0.223	0.226	0.229	0.226	166.42	0.7196

Gráfico N° D.10 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.98 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.79
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	140.68
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5999
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	228930

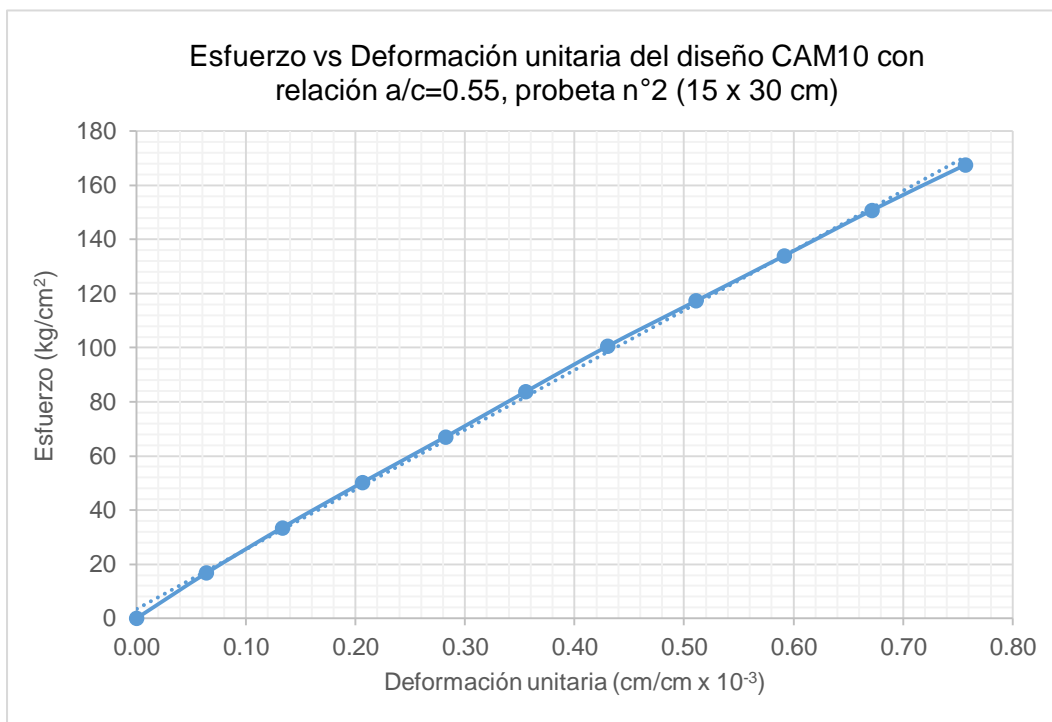
Cuadro N° D.99 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.1	15.1	15.1
Altura (cm)	31.24	31.4	31.32
Área (cm <sup>2</sup> )	179.08	179.08	179.08
Carga (kg)	64800		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	361.85		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	144.74		

Cuadro N° D.100 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.55						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.008	0.008	0.005	0.00	0.0000
3000	0.020	0.027	0.029	0.025	16.75	0.0639
6000	0.040	0.050	0.051	0.047	33.50	0.1330
9000	0.060	0.074	0.076	0.070	50.26	0.2065
12000	0.083	0.099	0.099	0.094	67.01	0.2820
15000	0.106	0.121	0.123	0.117	83.76	0.3555
18000	0.130	0.144	0.146	0.140	100.51	0.4300
21000	0.156	0.170	0.170	0.165	117.27	0.5109
24000	0.184	0.194	0.194	0.191	134.02	0.5918
27000	0.212	0.218	0.217	0.216	150.77	0.6716
30000	0.241	0.243	0.243	0.242	167.52	0.7567

Gráfico N° D.11 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado



Cuadro N° D.101 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.566
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	144.74
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6403
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	220510

Cuadro N° D.102 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

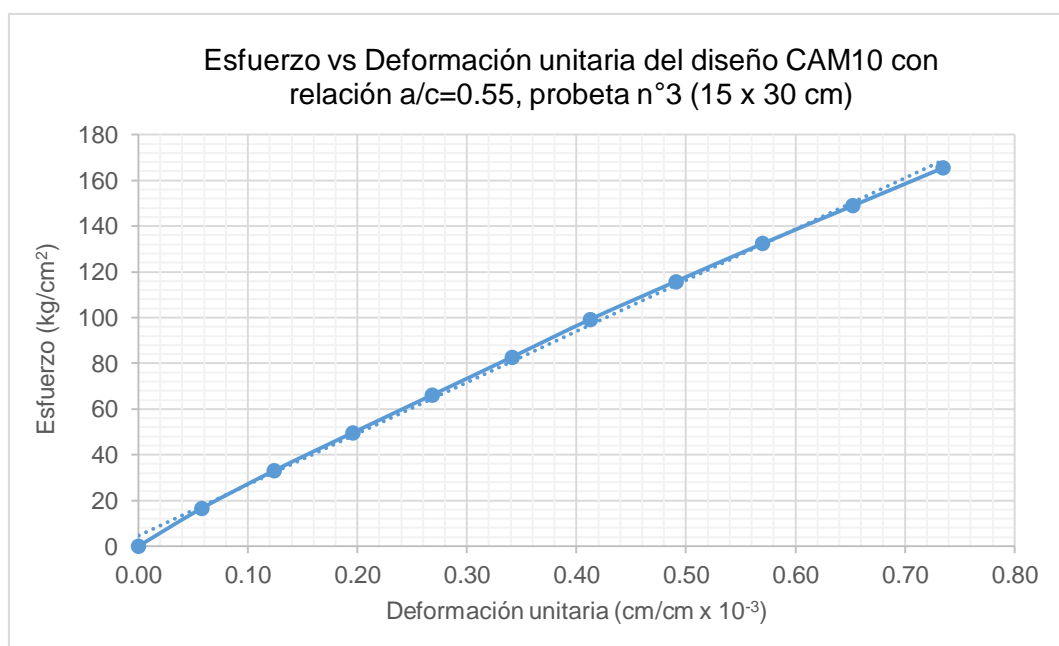
Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.55			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.21	15.18	15.195
Altura (cm)	31.14	31.2	31.17
Área (cm <sup>2</sup> )	181.70	180.98	181.34

Carga (kg)	60200
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	331.97
40% <i>f</i> ' <i>c</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	132.79

Cuadro N° D.103 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación *a/c*=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
<i>a/c</i> =0.55						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.011	0.007	0.00	0.0000
3000	0.017	0.029	0.030	0.025	16.54	0.0577
6000	0.036	0.050	0.052	0.046	33.09	0.1241
9000	0.058	0.073	0.074	0.068	49.63	0.1957
12000	0.080	0.096	0.097	0.091	66.17	0.2684
15000	0.102	0.119	0.120	0.114	82.72	0.3411
18000	0.125	0.140	0.143	0.136	99.26	0.4128
21000	0.152	0.163	0.166	0.160	115.81	0.4909
24000	0.179	0.187	0.189	0.185	132.35	0.5700
27000	0.207	0.212	0.213	0.211	148.89	0.6524
30000	0.236	0.236	0.237	0.236	165.44	0.7347

Gráfico N° D.12 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación *a/c*=0.55 a 56 días de curado





Cuadro N° D.104 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.55 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.55	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.6816
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	132.79
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5737
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	223600

Cuadro N° D.105 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)				
a/c=0.50				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.14	10.17	10.15	10.15
Altura (cm)	20.65	20.40	20.50	20.52
Área (cm <sup>2</sup> )	80.75	81.23	80.91	80.97
Carga (kg)	30000	34400	34800	33067
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	371.50	423.47	430.09	408.35
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	26748	30490	30966	29401

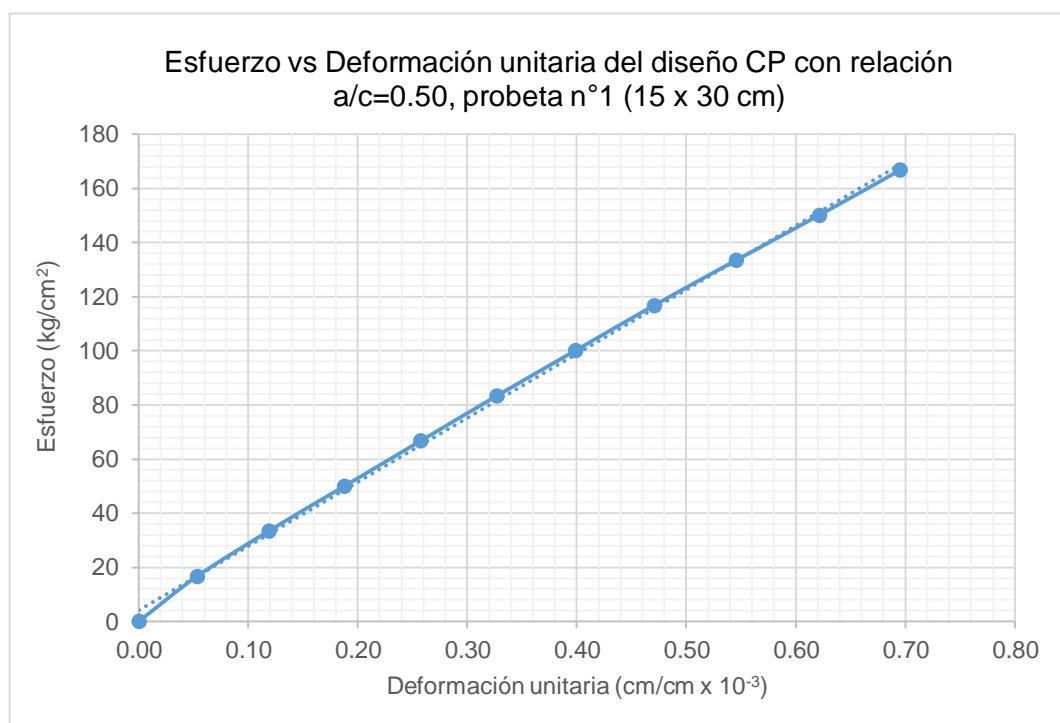
Cuadro N° D.106 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.07	15.2	15.135
Altura (cm)	30.68	30.7	30.69
Área (cm <sup>2</sup> )	178.37	181.46	179.91
Carga (kg)	72000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	400.19		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	160.08		

Cuadro N° D.107 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.003	0.003	0.002	0.00	0.0000
3000	0.016	0.019	0.020	0.018	16.67	0.0532
6000	0.034	0.040	0.041	0.038	33.35	0.1184
9000	0.054	0.062	0.063	0.060	50.02	0.1879
12000	0.076	0.082	0.085	0.081	66.70	0.2574
15000	0.096	0.105	0.106	0.102	83.37	0.3269
18000	0.118	0.127	0.128	0.124	100.05	0.3986
21000	0.142	0.148	0.149	0.146	116.72	0.4703
24000	0.165	0.171	0.172	0.169	133.40	0.5452
27000	0.189	0.194	0.195	0.193	150.07	0.6213
30000	0.214	0.215	0.217	0.215	166.75	0.6951

Gráfico N° D.13 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.108 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	16.09
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	160.08
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6676
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	233123

Cuadro N° D.109 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

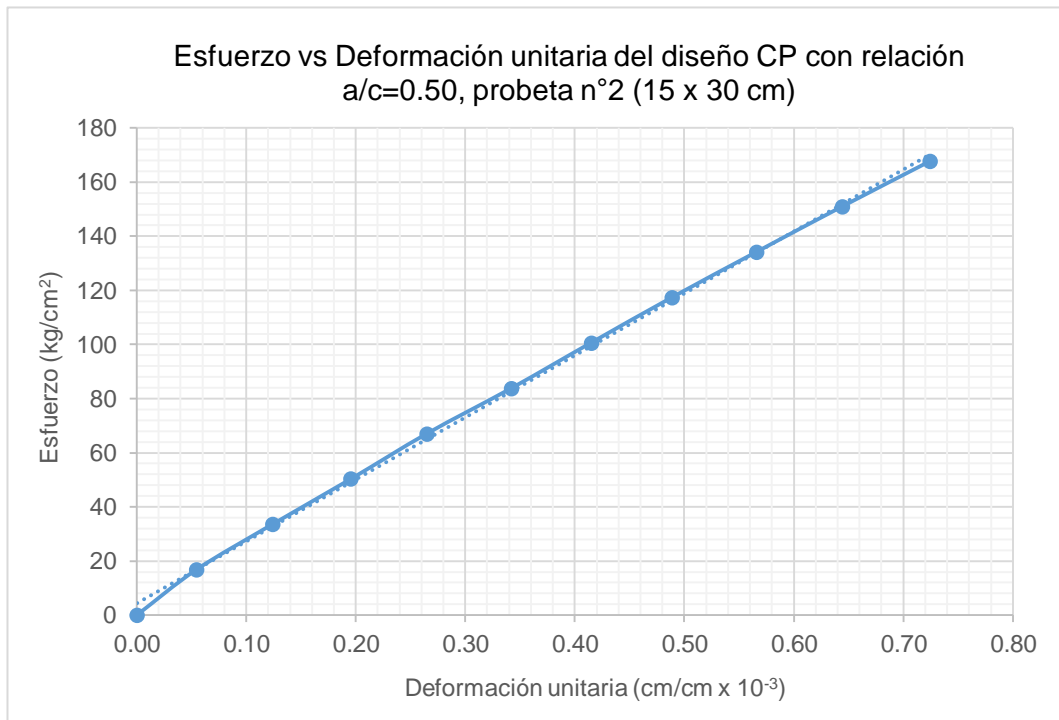
Diseño CP (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.09	15.09	15.09
Altura (cm)	30.65	30.73	30.69
Área (cm <sup>2</sup> )	178.84	178.84	178.84
Carga (kg)	65400		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	365.69		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	146.27		

Cuadro N° D.110 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.008	0.010	0.006	0.00	0.0000
3000	0.017	0.025	0.026	0.023	16.77	0.0543
6000	0.038	0.045	0.049	0.044	33.55	0.1238
9000	0.058	0.069	0.071	0.066	50.32	0.1955
12000	0.078	0.091	0.093	0.087	67.10	0.2650
15000	0.103	0.114	0.116	0.111	83.87	0.3421
18000	0.124	0.137	0.139	0.133	100.65	0.4149
21000	0.148	0.158	0.162	0.156	117.42	0.4888

24000	0.172	0.182	0.185	0.180	134.20	0.5659
27000	0.198	0.205	0.208	0.204	150.97	0.6441
30000	0.226	0.228	0.231	0.228	167.75	0.7245

Gráfico N° D.14 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.111 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.79
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	146.27
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6195
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	229120

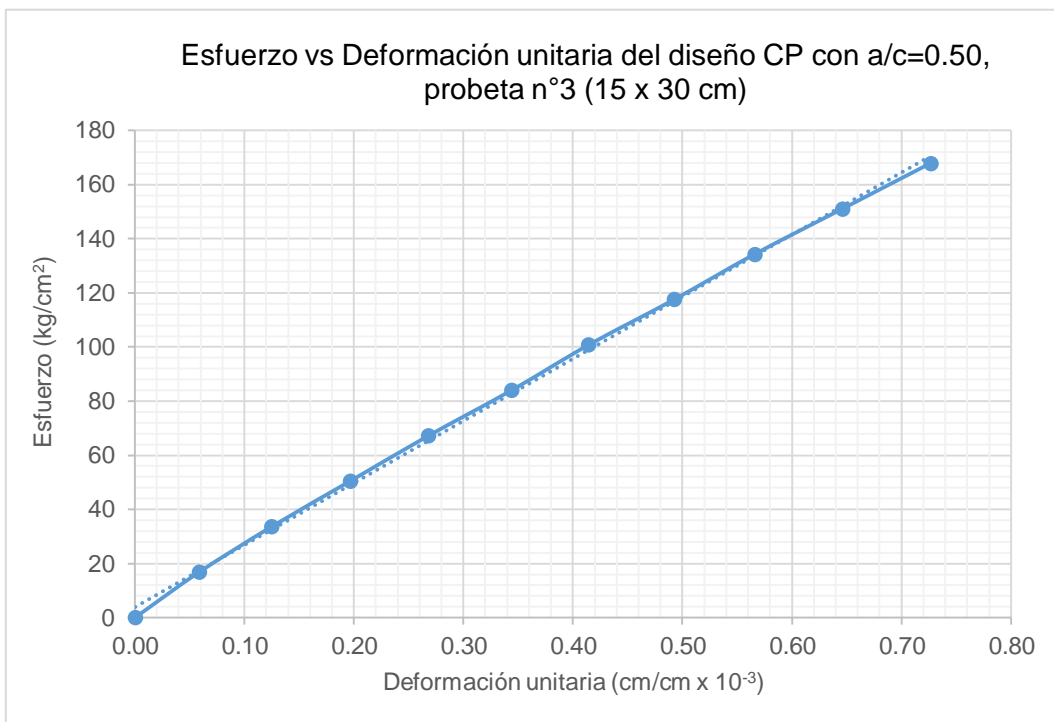
Cuadro N° D.112 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.07	15.1	15.085
Altura (cm)	30.6	30.9	30.75
Área (cm <sup>2</sup> )	178.37	179.08	178.72
Carga (kg)	64200		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	359.21		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	143.69		

Cuadro N° D.113 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.012	0.008	0.00	0.0000
3000	0.017	0.030	0.030	0.026	16.79	0.0585
6000	0.036	0.049	0.053	0.046	33.57	0.1247
9000	0.058	0.072	0.074	0.068	50.36	0.1962
12000	0.080	0.093	0.097	0.090	67.14	0.2678
15000	0.104	0.116	0.120	0.113	83.93	0.3436
18000	0.124	0.139	0.142	0.135	100.71	0.4141
21000	0.149	0.162	0.166	0.159	117.50	0.4922
24000	0.173	0.185	0.187	0.182	134.29	0.5659
27000	0.199	0.208	0.212	0.206	151.07	0.6461
30000	0.227	0.232	0.234	0.231	167.86	0.7263

Gráfico N° D.15 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.114 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.45
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	143.69
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6093
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	229290

Cuadro N° D.115 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)				
a/c=0.50				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.23	10.29	10.16	10.23
Altura (cm)	20.58	20.30	20.57	20.48
Área (cm <sup>2</sup> )	82.19	83.16	81.07	82.14

Carga (kg)	32200	33800	32000	32667
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	391.76	406.44	394.71	397.63
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	28206	29264	28419	28630

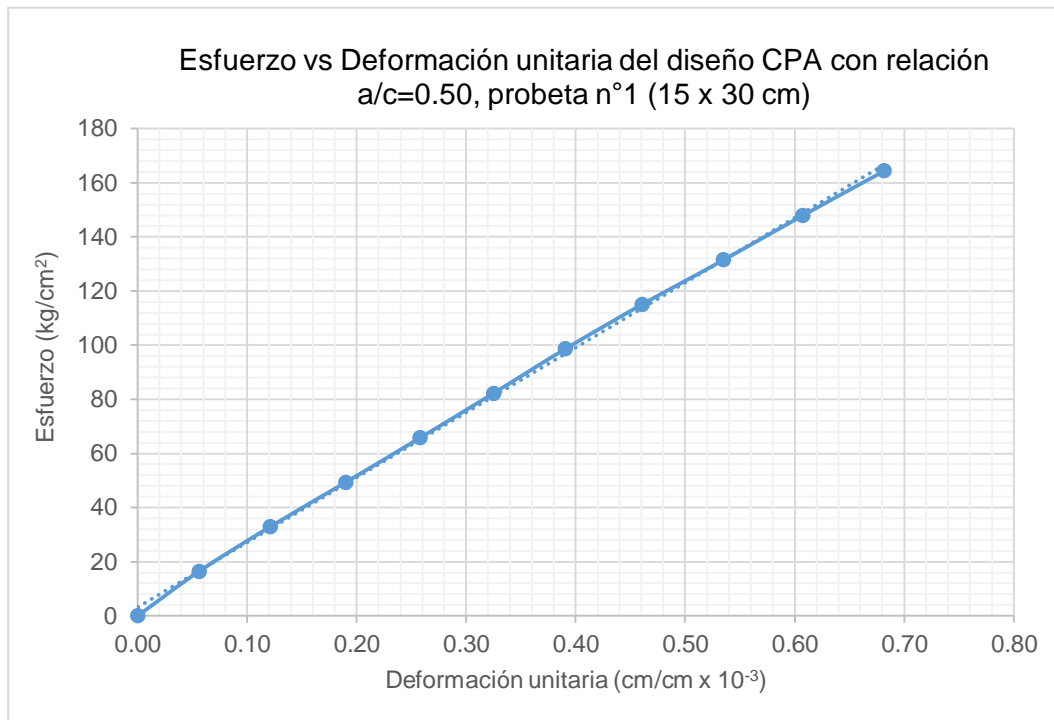
Cuadro N° D.116 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.15	15.34	15.245
Altura (cm)	30.9	30.9	30.9
Área (cm <sup>2</sup> )	180.27	184.82	182.54
Carga (kg)	71200		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	390.05		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	156.02		

Cuadro N° D.117 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.006	0.007	0.004	0.00	0.0000
3000	0.016	0.024	0.025	0.022	16.43	0.0561
6000	0.036	0.044	0.045	0.042	32.87	0.1208
9000	0.057	0.065	0.067	0.063	49.30	0.1899
12000	0.076	0.086	0.090	0.084	65.74	0.2578
15000	0.096	0.109	0.109	0.105	82.17	0.3247
18000	0.116	0.129	0.130	0.125	98.61	0.3905
21000	0.139	0.148	0.153	0.147	115.04	0.4606
24000	0.165	0.171	0.173	0.170	131.48	0.5351
27000	0.187	0.193	0.196	0.192	147.91	0.6073
30000	0.212	0.215	0.218	0.215	164.35	0.6818

Gráfico N° D.16 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.118 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.13
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	156.02
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6374
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	239860

Cuadro N° D.119 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.16	15.35	15.255
Altura (cm)	30.9	30.9	30.9
Área (cm <sup>2</sup> )	180.50	185.06	182.78

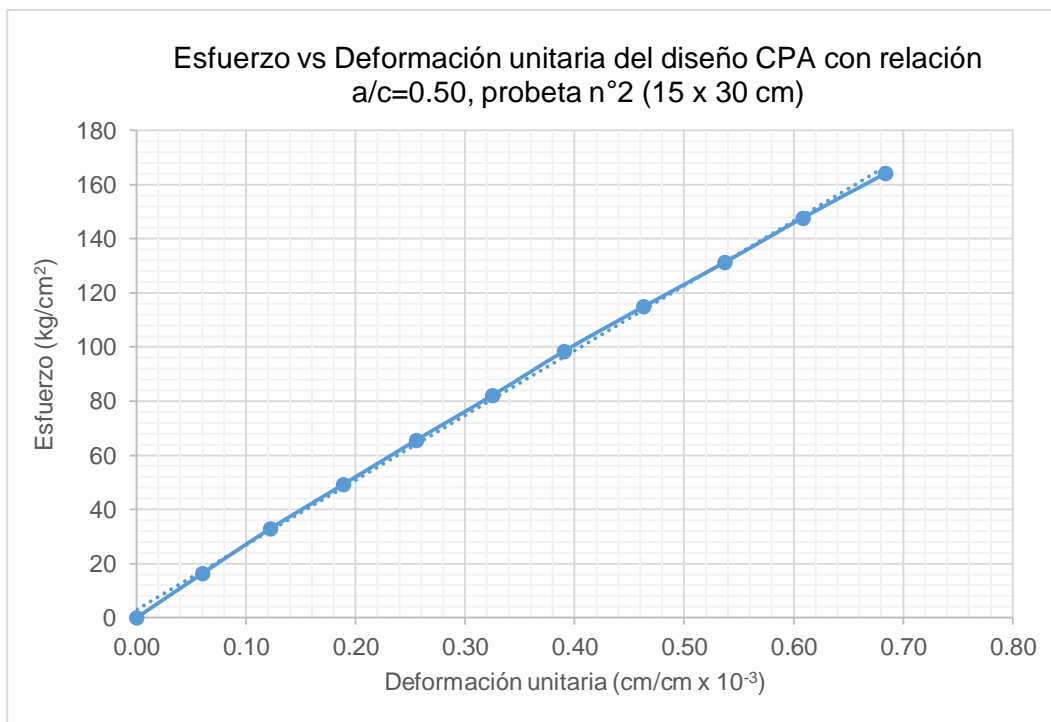


Carga (kg)	68600
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	375.31
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	150.12

Cuadro N° D.120 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.006	0.007	0.004	0.00	0.0000
3000	0.019	0.024	0.026	0.023	16.41	0.0604
6000	0.038	0.044	0.044	0.042	32.83	0.1219
9000	0.058	0.064	0.066	0.063	49.24	0.1888
12000	0.077	0.086	0.087	0.083	65.65	0.2557
15000	0.099	0.106	0.109	0.105	82.07	0.3247
18000	0.118	0.128	0.129	0.125	98.48	0.3905
21000	0.142	0.149	0.151	0.147	114.89	0.4628
24000	0.166	0.172	0.173	0.170	131.30	0.5372
27000	0.189	0.193	0.195	0.192	147.72	0.6084
30000	0.214	0.215	0.218	0.216	164.13	0.6839

Gráfico N° D.17 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.121 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.99
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	150.12
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6149
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	239200

Cuadro N° D.122 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

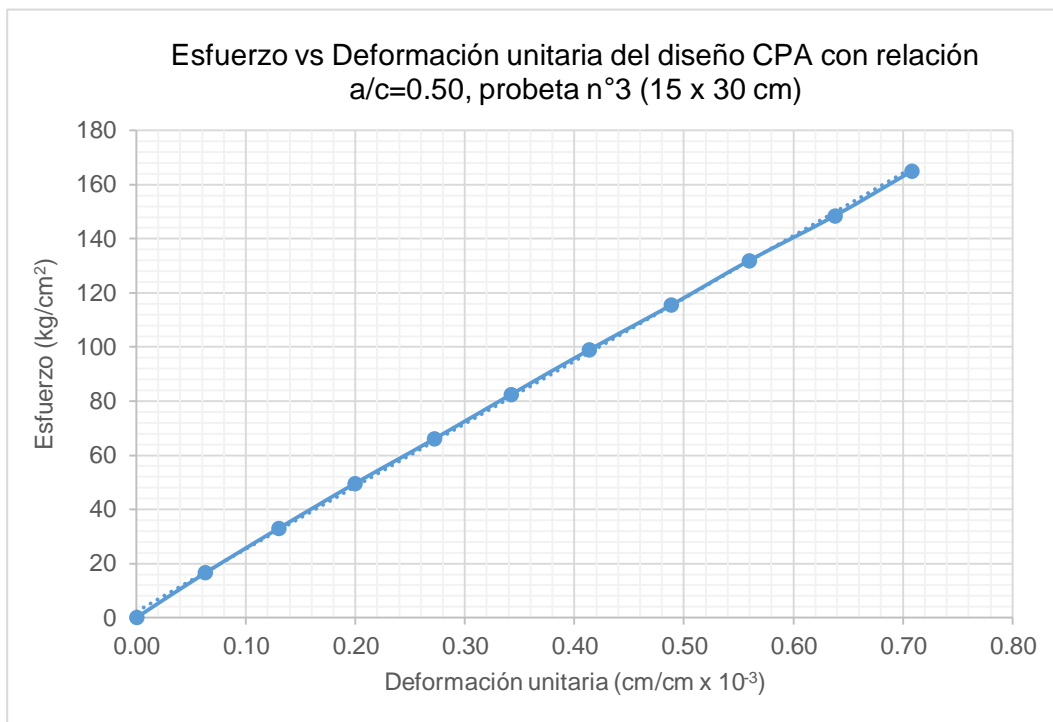
Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.12	15.32	15.22
Altura (cm)	30.8	30.8	30.8

Área (cm <sup>2</sup> )	179.55	184.33	181.94
Carga (kg)	68000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	373.74		
40% <i>f</i> ' <i>c</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	149.50		

Cuadro N° D.123 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.003	0.008	0.004	0.00	0.0000
3000	0.019	0.024	0.026	0.023	16.49	0.0628
6000	0.038	0.045	0.048	0.044	32.98	0.1299
9000	0.058	0.067	0.070	0.065	49.47	0.1991
12000	0.080	0.090	0.092	0.087	65.95	0.2716
15000	0.101	0.111	0.115	0.109	82.44	0.3420
18000	0.122	0.134	0.137	0.131	98.93	0.4134
21000	0.146	0.157	0.159	0.154	115.42	0.4881
24000	0.17	0.177	0.181	0.176	131.91	0.5595
27000	0.196	0.200	0.204	0.200	148.40	0.6375
30000	0.219	0.222	0.224	0.222	164.89	0.7078

Gráfico N° D.18 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.124 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	13.93
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	149.50
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6367
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	231060

Cuadro N° D.125 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)				
a/c=0.50				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.29	10.23	10.20	10.24
Altura (cm)	20.69	20.90	20.91	20.83
Área (cm <sup>2</sup> )	83.16	82.19	81.71	82.36

Carga (kg)	35800	32800	34200	34267
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	430.49	399.05	418.54	416.03
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	30995	28732	30135	29954

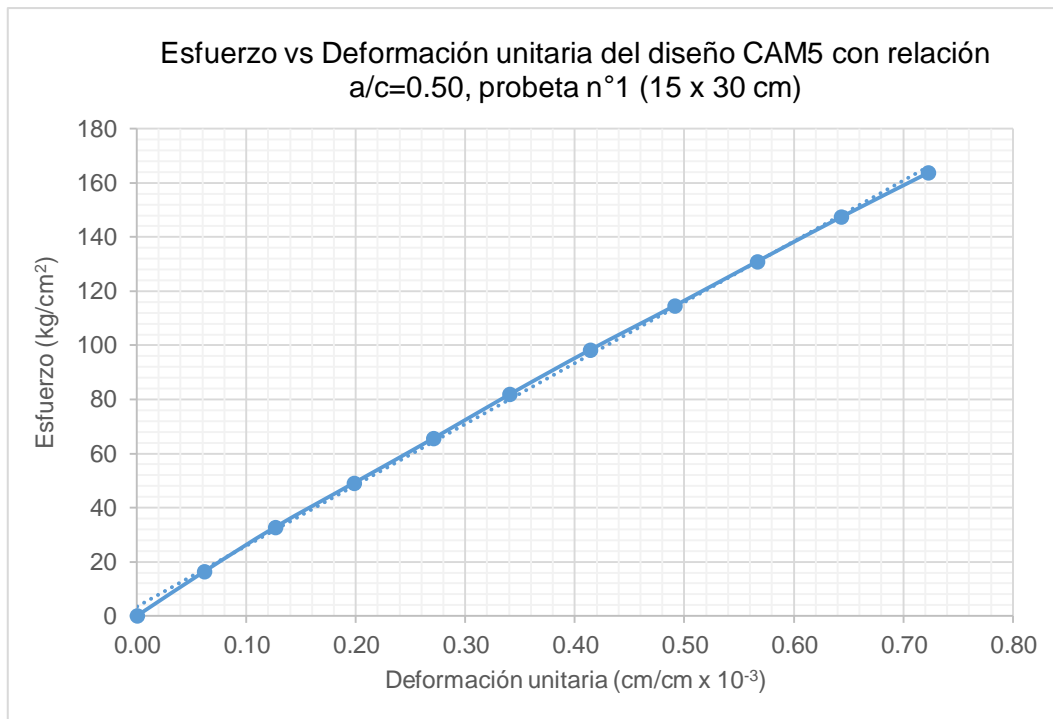
Cuadro N° D.126 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.4	15.15	15.275
Altura (cm)	31.00	30.9	30.95
Área (cm <sup>2</sup> )	186.27	180.27	183.27
Carga (kg)	65600		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	357.95		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	143.18		

Cuadro N° D.127 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.012	0.008	0.00	0.0000
3000	0.019	0.029	0.032	0.027	16.37	0.0614
6000	0.038	0.049	0.053	0.047	32.74	0.1260
9000	0.059	0.072	0.076	0.069	49.11	0.1982
12000	0.080	0.095	0.099	0.091	65.48	0.2703
15000	0.102	0.116	0.121	0.113	81.85	0.3403
18000	0.125	0.139	0.143	0.136	98.22	0.4136
21000	0.149	0.162	0.168	0.160	114.59	0.4911
24000	0.174	0.185	0.190	0.183	130.96	0.5665
27000	0.199	0.209	0.212	0.207	147.33	0.6430
30000	0.226	0.232	0.236	0.231	163.70	0.7227

Gráfico N° D.19 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.128 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.65
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	143.18
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6209
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	225130

Cuadro N° D.129 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

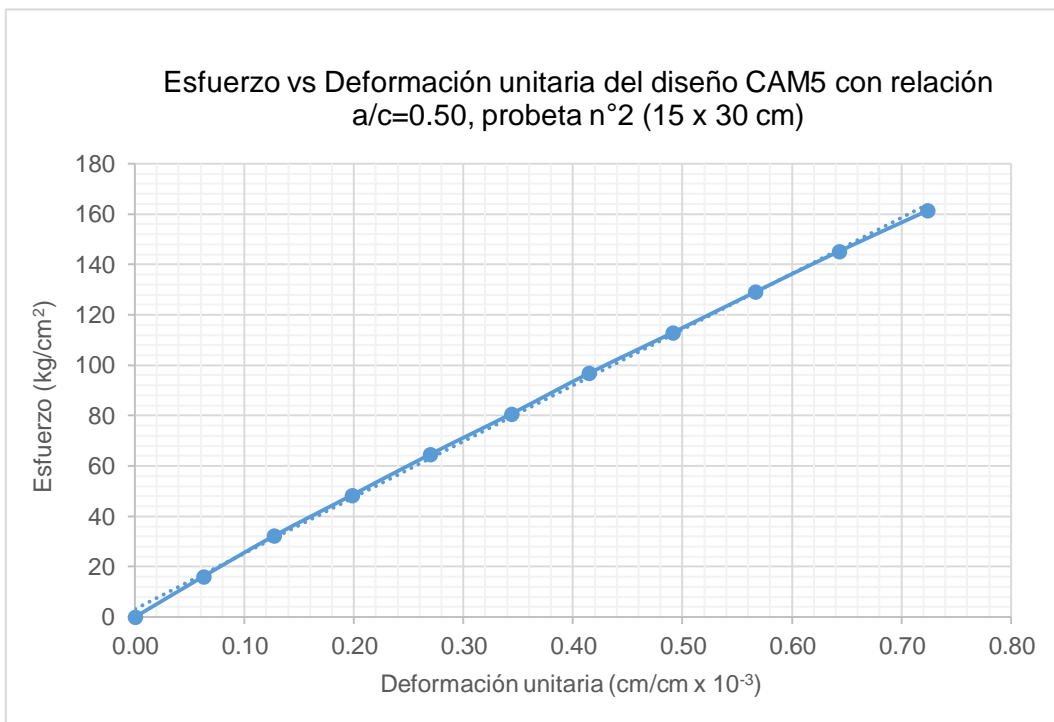
Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.14	15.63	15.385
Altura (cm)	31.00	30.9	30.95
Área (cm <sup>2</sup> )	180.03	191.87	185.95

Carga (kg)	64600
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	347.41
40% <i>f</i> ' <i>c</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	138.96

Cuadro N° D.130 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.013	0.015	0.009	0.00	0.0000
3000	0.020	0.033	0.033	0.029	16.13	0.0625
6000	0.040	0.052	0.054	0.049	32.27	0.1271
9000	0.060	0.074	0.078	0.071	48.40	0.1982
12000	0.081	0.096	0.101	0.093	64.53	0.2693
15000	0.104	0.119	0.124	0.116	80.67	0.3436
18000	0.125	0.142	0.146	0.138	96.80	0.4147
21000	0.149	0.165	0.170	0.161	112.93	0.4911
24000	0.176	0.187	0.191	0.185	129.07	0.5665
27000	0.201	0.210	0.214	0.208	145.20	0.6430
30000	0.229	0.234	0.237	0.233	161.33	0.7238

Gráfico N° D.20 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.131 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.31
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	138.96
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6118
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	221890

Cuadro N° D.132 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.13	15.41	15.27
Altura (cm)	30.90	30.9	30.9
Área (cm <sup>2</sup> )	179.79	186.51	183.15

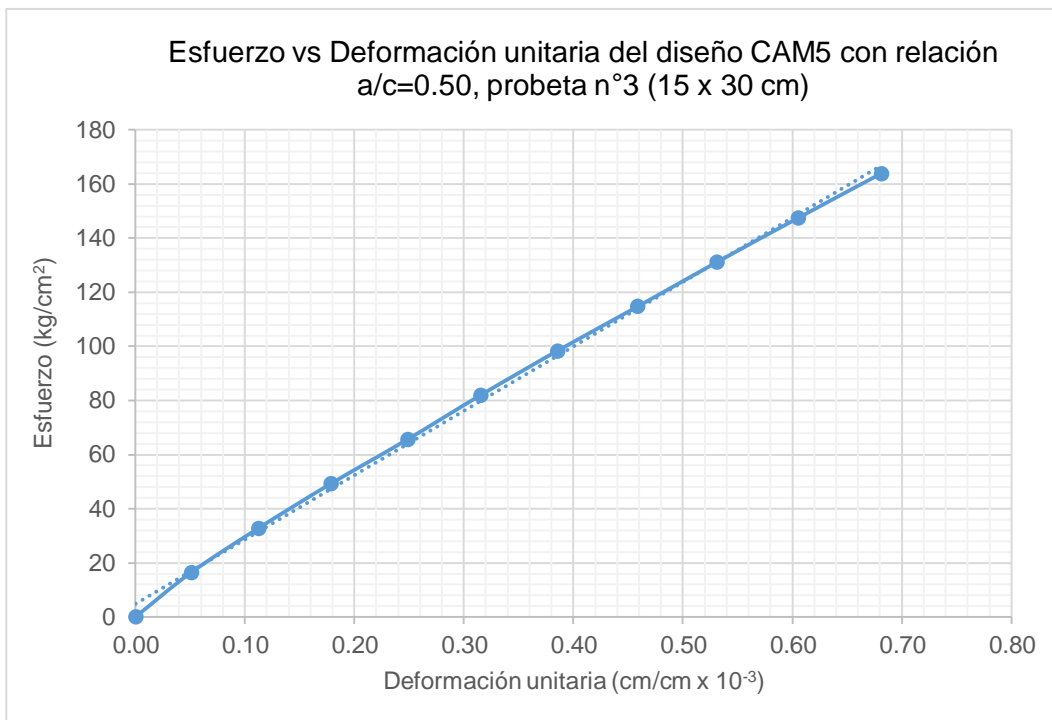


Carga (kg)	68400
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	373.47
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	149.39

Cuadro N° D.133 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.005	0.005	0.003	0.00	0.0000
3000	0.016	0.021	0.020	0.019	16.38	0.0507
6000	0.034	0.040	0.040	0.038	32.76	0.1122
9000	0.053	0.060	0.062	0.058	49.14	0.1780
12000	0.073	0.082	0.085	0.080	65.52	0.2481
15000	0.092	0.104	0.106	0.101	81.90	0.3150
18000	0.113	0.127	0.127	0.122	98.28	0.3851
21000	0.138	0.148	0.149	0.145	114.66	0.4585
24000	0.162	0.168	0.172	0.167	131.04	0.5308
27000	0.186	0.191	0.194	0.190	147.42	0.6052
30000	0.212	0.214	0.215	0.214	163.80	0.6807

Gráfico N° D.21 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.134 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	16.83
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	149.39
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6082
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	237450

Cuadro N° D.135 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)				
a/c=0.50				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.23	10.22	10.22	10.22
Altura (cm)	21.07	21.14	21.26	21.16
Área (cm <sup>2</sup> )	82.19	82.03	82.03	82.09

Carga (kg)	37200	35200	32800	35067
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	452.59	429.09	399.84	427.17
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	32586	30895	28788	30756

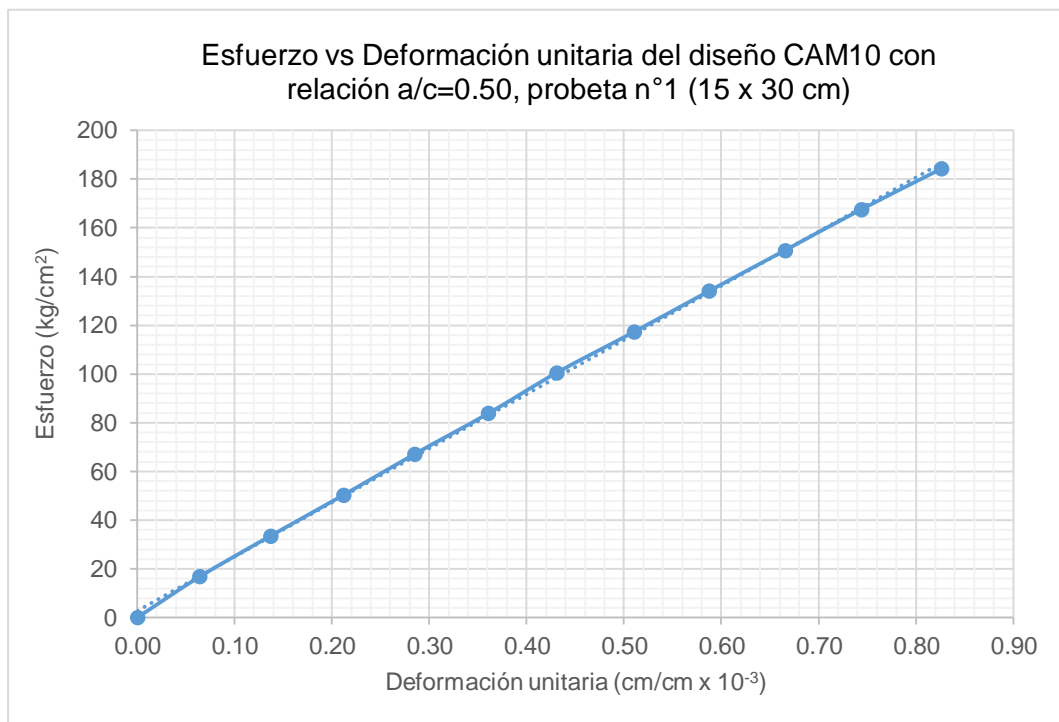
Cuadro N° D.136 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.08	15.12	15.1
Altura (cm)	30.69	30.72	30.705
Área (cm <sup>2</sup> )	178.60	179.55	179.08
Carga (kg)	75400		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	421.04		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	168.42		

Cuadro N° D.137 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.012	0.013	0.008	0.00	0.0000
3000	0.020	0.031	0.033	0.028	16.75	0.0641
6000	0.040	0.054	0.057	0.050	33.50	0.1368
9000	0.062	0.077	0.081	0.073	50.26	0.2117
12000	0.083	0.100	0.104	0.096	67.01	0.2844
15000	0.107	0.123	0.127	0.119	83.76	0.3604
18000	0.130	0.143	0.149	0.141	100.51	0.4310
21000	0.156	0.166	0.173	0.165	117.27	0.5102
24000	0.181	0.190	0.195	0.189	134.02	0.5873
27000	0.207	0.213	0.218	0.213	150.77	0.6655
30000	0.232	0.236	0.242	0.237	167.52	0.7437
33000	0.258	0.262	0.266	0.262	184.28	0.8262

Gráfico N° D.22 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.138 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	13.90
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	168.42
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.7447
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	222410

Cuadro N° D.139 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

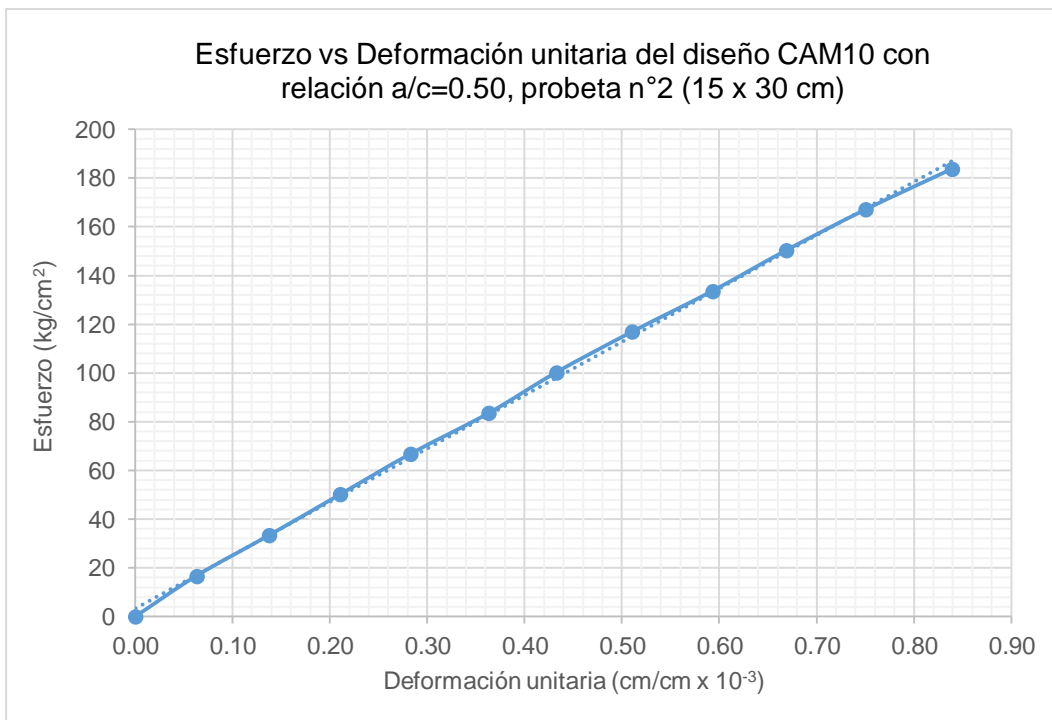
Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.1	15.14	15.12
Altura (cm)	30.8	30.7	30.75
Área (cm <sup>2</sup> )	179.08	180.03	179.55

Carga (kg)	73800
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	411.02
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	164.41

Cuadro N° D.140 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c: 0.50						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.011	0.007	0.00	0.0000
3000	0.019	0.030	0.031	0.027	16.71	0.0629
6000	0.040	0.053	0.056	0.050	33.42	0.1377
9000	0.062	0.076	0.078	0.072	50.12	0.2103
12000	0.083	0.099	0.101	0.094	66.83	0.2829
15000	0.108	0.123	0.126	0.119	83.54	0.3632
18000	0.129	0.144	0.148	0.140	100.25	0.4325
21000	0.153	0.168	0.172	0.164	116.96	0.5106
24000	0.180	0.193	0.196	0.190	133.66	0.5930
27000	0.205	0.215	0.219	0.213	150.37	0.6689
30000	0.232	0.24	0.242	0.238	167.08	0.7502
33000	0.262	0.267	0.267	0.265333	183.79	0.8390

Gráfico N° D.23 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.141 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.50	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.31
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	164.41
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.7353
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	219020

Cuadro N° D.142 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

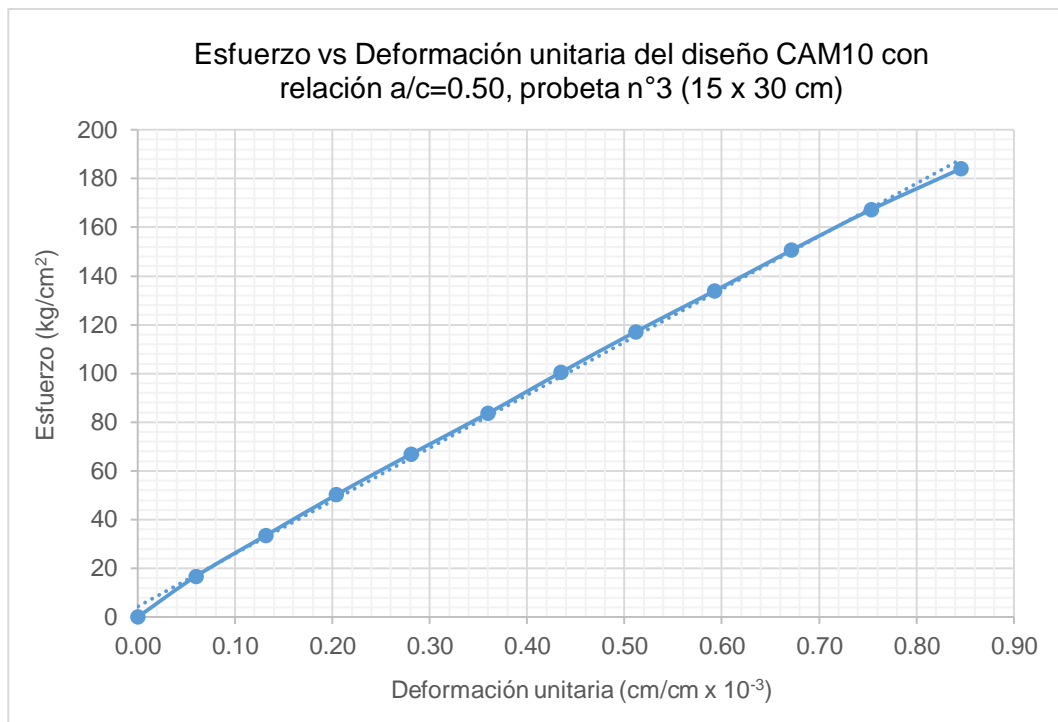
Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.50			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.14	15.08	15.11
Altura (cm)	31.22	31.23	31.225
Área (cm <sup>2</sup> )	180.03	178.60	179.32

Carga (kg)	70600
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	393.72
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	157.49

Cuadro N° D.143 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.50						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.008	0.008	0.005	0.00	0.0000
3000	0.017	0.027	0.028	0.024	16.73	0.0598
6000	0.038	0.049	0.052	0.046	33.46	0.1313
9000	0.059	0.073	0.075	0.069	50.19	0.2039
12000	0.082	0.097	0.100	0.093	66.92	0.2808
15000	0.104	0.123	0.126	0.118	83.65	0.3598
18000	0.128	0.146	0.149	0.141	100.38	0.4345
21000	0.153	0.170	0.172	0.165	117.11	0.5114
24000	0.179	0.194	0.198	0.190	133.84	0.5925
27000	0.205	0.218	0.222	0.215	150.57	0.6715
30000	0.233	0.243	0.246	0.241	167.30	0.7537
33000	0.265	0.269	0.274	0.269	184.03	0.8455

Gráfico N° D.24 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado



Cuadro N° D.144 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.50 a 56 días de curado

<b>Diseño CAM10 (56 días)</b>	
<b>a/c=0.50</b>	
<b>Probeta n°3 (15 x 30 cm)</b>	
<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.31
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	157.49
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.7056
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	216870



Cuadro N° D.145 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)				
a/c=0.45				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.29	10.21	10.21	10.24
Altura (cm)	20.21	20.72	20.55	20.49
Área (cm <sup>2</sup> )	83.16	81.87	81.87	82.30
Carga (kg)	37500	35500	37200	36733
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	450.93	433.60	454.36	446.30
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	32467	31219	32714	32133

Cuadro N° D.146 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

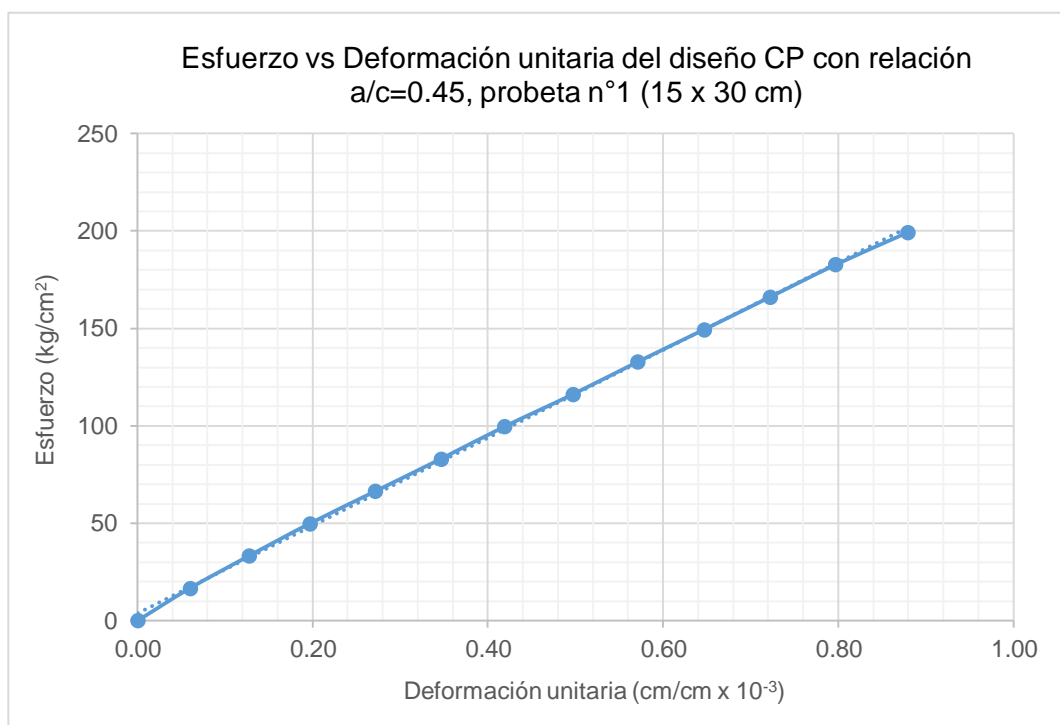
Diseño CP (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.21	15.13	15.17
Altura (cm)	30.74	30.7	30.72
Área (cm <sup>2</sup> )	181.70	179.79	180.74
Carga (kg)	72600		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	401.67		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	160.67		

Cuadro N° D.147 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.003	0.008	0.004	0.00	0.0000
3000	0.020	0.022	0.024	0.022	16.60	0.0597
6000	0.040	0.043	0.045	0.043	33.20	0.1270
9000	0.060	0.064	0.068	0.064	49.79	0.1964

12000	0.083	0.087	0.091	0.087	66.39	0.2713
15000	0.106	0.110	0.114	0.110	82.99	0.3461
18000	0.129	0.133	0.135	0.132	99.59	0.4188
21000	0.152	0.156	0.161	0.156	116.19	0.4970
24000	0.175	0.18	0.182	0.179	132.78	0.5708
27000	0.199	0.203	0.205	0.202	149.38	0.6467
30000	0.222	0.226	0.228	0.225	165.98	0.7216
33000	0.246	0.248	0.251	0.248	182.58	0.7965
36000	0.273	0.273	0.275	0.274	199.18	0.8789

Gráfico N° D.25 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.148 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.24
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	160.67
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6973
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	224680

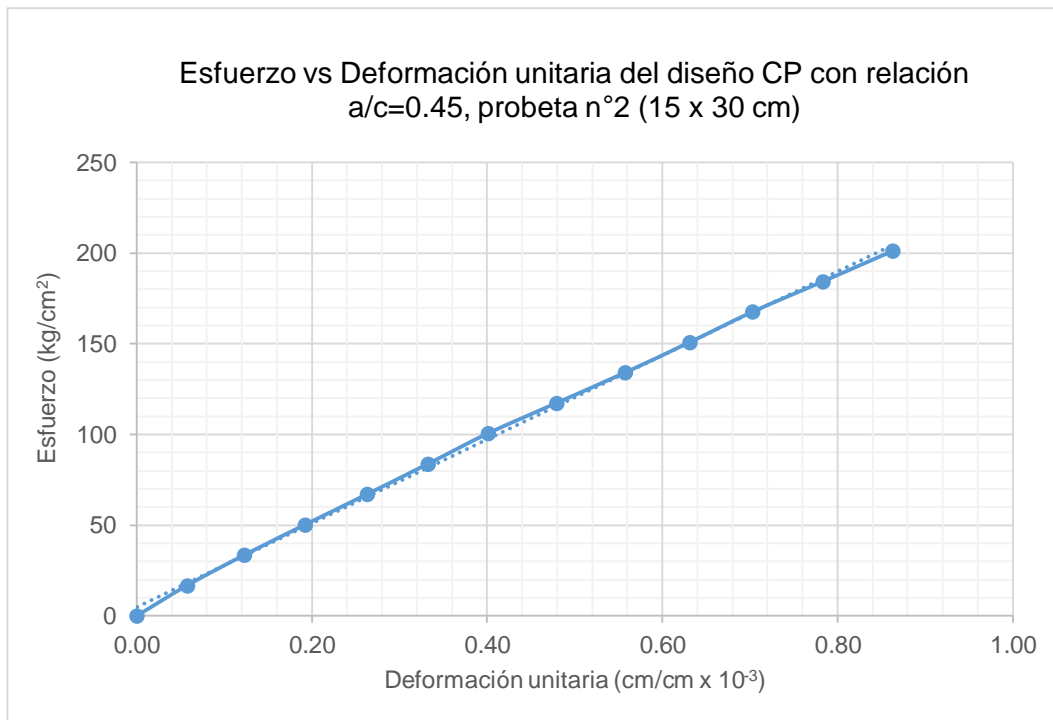
Cuadro N° D.149 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.1	15.09	15.095
Altura (cm)	30.64	30.71	30.675
Área (cm <sup>2</sup> )	179.08	178.84	178.96
Carga (kg)	75200		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	420.21		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	168.08		

Cuadro N° D.150 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.016	0.017	0.011	0.00	0.0000
3000	0.019	0.033	0.034	0.029	16.76	0.0576
6000	0.039	0.053	0.054	0.049	33.53	0.1228
9000	0.059	0.074	0.077	0.070	50.29	0.1923
12000	0.080	0.096	0.099	0.092	67.05	0.2630
15000	0.100	0.118	0.121	0.113	83.82	0.3325
18000	0.121	0.138	0.143	0.134	100.58	0.4010
21000	0.146	0.162	0.166	0.158	117.34	0.4792
24000	0.168	0.189	0.189	0.182	134.11	0.5575
27000	0.194	0.208	0.212	0.205	150.87	0.6314
30000	0.218	0.229	0.233	0.227	167.64	0.7031
33000	0.243	0.254	0.257	0.251	184.40	0.7835
36000	0.271	0.276	0.280	0.276	201.16	0.8628

Gráfico N° D.26 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.151 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	16.33
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	168.08
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.7063
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	231210

Cuadro N° D.152 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

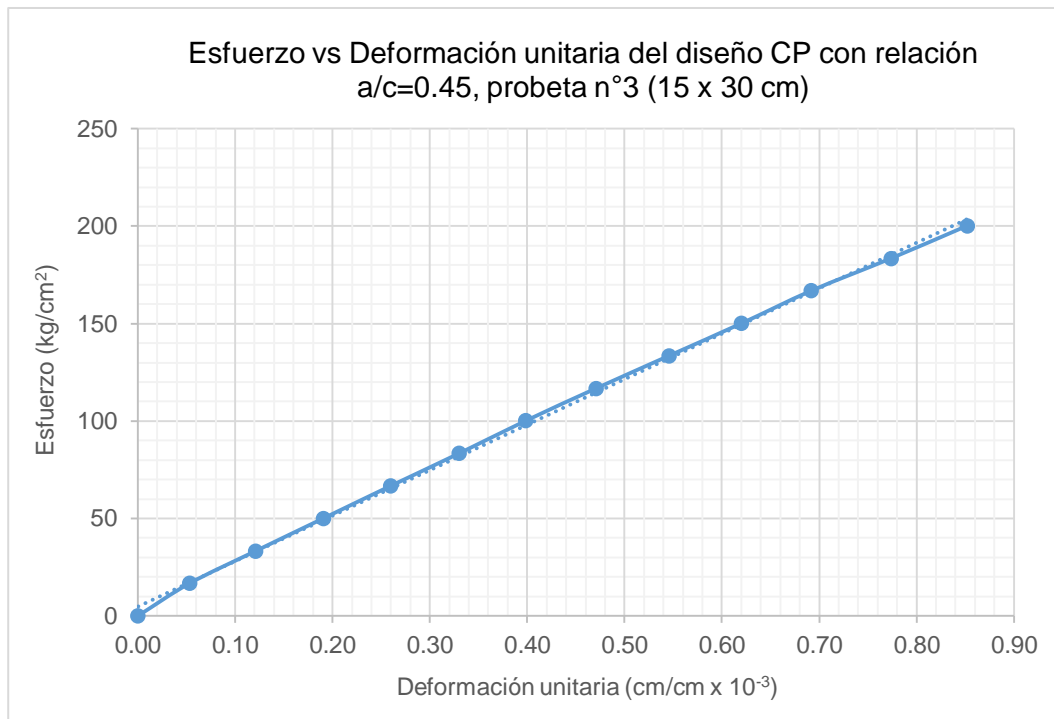
Diseño CP (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.16	15.1	15.13
Altura (cm)	30.75	30.83	30.79
Área (cm <sup>2</sup> )	180.50	179.08	179.79

Carga (kg)	77600
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	431.61
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	172.64

Cuadro N° D.153 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.005	0.005	0.003	0.00	0.0000
3000	0.015	0.022	0.022	0.020	16.69	0.0530
6000	0.034	0.044	0.044	0.041	33.37	0.1213
9000	0.054	0.066	0.066	0.062	50.06	0.1905
12000	0.074	0.088	0.088	0.083	66.74	0.2598
15000	0.096	0.109	0.110	0.105	83.43	0.3302
18000	0.116	0.130	0.132	0.126	100.12	0.3984
21000	0.139	0.153	0.153	0.148	116.80	0.4709
24000	0.163	0.175	0.176	0.171	133.49	0.5456
27000	0.186	0.198	0.199	0.194	150.17	0.6203
30000	0.210	0.219	0.220	0.216	166.86	0.6918
33000	0.237	0.243	0.245	0.242	183.55	0.7741
36000	0.264	0.266	0.267	0.266	200.23	0.8520

Gráfico N° D.27 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.154 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CP con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CP (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	16.51
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	172.64
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.7191
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	233330

Cuadro N° D.155 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)				
a/c=0.45				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.23	10.22	10.28	10.24
Altura (cm)	20.83	20.79	20.23	20.62
Área (cm <sup>2</sup> )	82.19	82.03	83.00	82.41

Carga (kg)	31200	34000	34000	33067
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	379.59	414.46	409.64	401.23
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	27330	29841	29494	28889

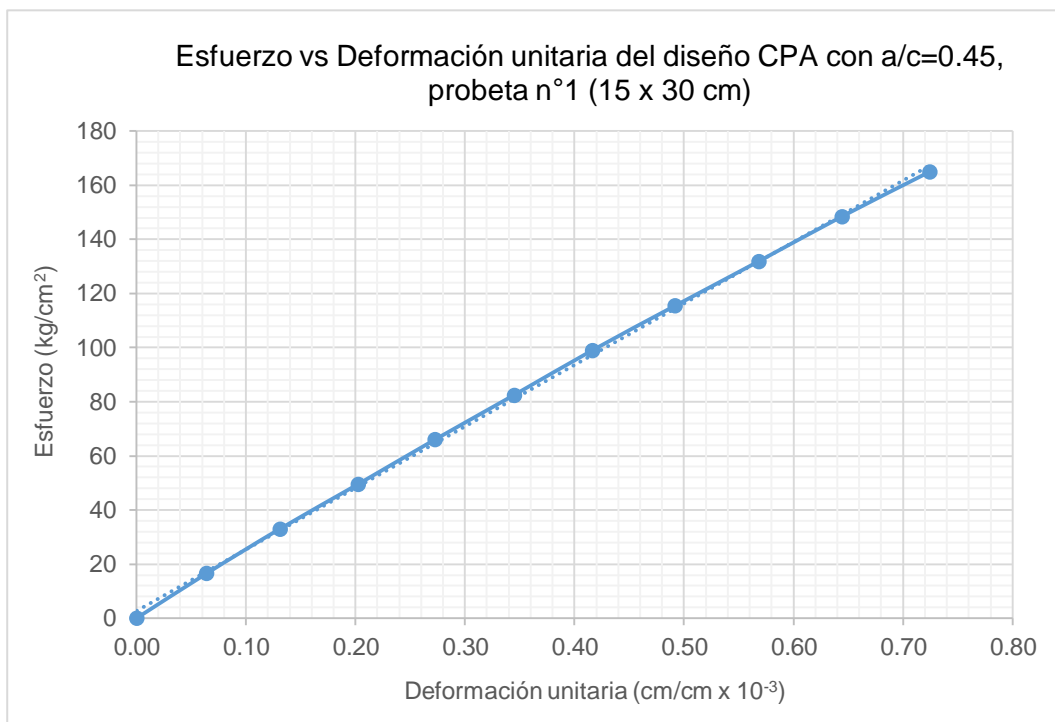
Cuadro N° D.156 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.11	15.33	15.22
Altura (cm)	30.7	31	30.85
Área (cm <sup>2</sup> )	179.32	184.58	181.95
Carga (kg)	69400		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	381.43		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	152.57		

Cuadro N° D.157 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.012	0.015	0.009	0.00	0.0000
3000	0.021	0.031	0.034	0.029	16.49	0.0638
6000	0.041	0.052	0.055	0.049	32.98	0.1307
9000	0.063	0.074	0.077	0.071	49.47	0.2021
12000	0.085	0.095	0.099	0.093	65.95	0.2723
15000	0.107	0.118	0.121	0.115	82.44	0.3447
18000	0.129	0.140	0.143	0.137	98.93	0.4160
21000	0.153	0.162	0.167	0.161	115.42	0.4916
24000	0.177	0.186	0.19	0.184	131.91	0.5684
27000	0.201	0.210	0.212	0.208	148.40	0.6440
30000	0.229	0.232	0.236	0.232	164.88	0.7240

Gráfico N° D.28 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.158 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.12
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	152.57
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6593
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	227210

Cuadro N° D.159 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.11	15.36	15.235
Altura (cm)	30.9	30.8	30.85
Área (cm <sup>2</sup> )	179.32	185.30	182.31

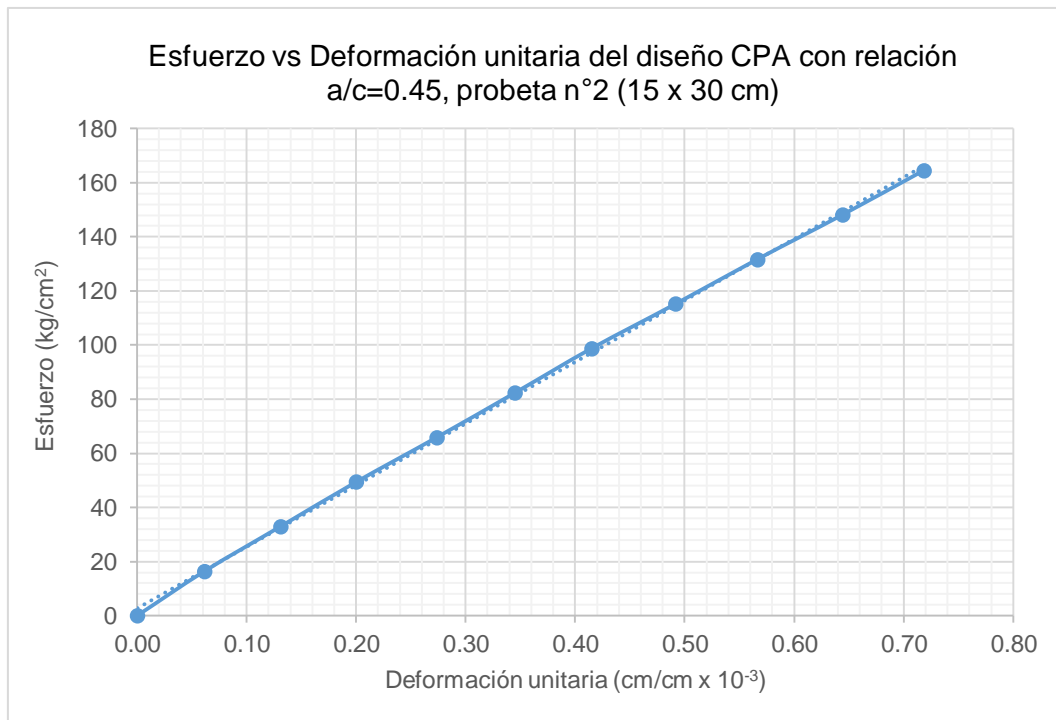


Carga (kg)	70800
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	388.36
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	155.34

Cuadro N° D.160 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.008	0.008	0.005	0.00	0.0000
3000	0.019	0.025	0.029	0.024	16.46	0.0616
6000	0.039	0.048	0.050	0.046	32.91	0.1307
9000	0.059	0.069	0.073	0.067	49.37	0.1999
12000	0.081	0.092	0.096	0.090	65.82	0.2734
15000	0.102	0.115	0.118	0.112	82.28	0.3447
18000	0.124	0.137	0.139	0.133	98.73	0.4149
21000	0.148	0.161	0.162	0.157	115.19	0.4916
24000	0.172	0.182	0.186	0.180	131.65	0.5662
27000	0.199	0.205	0.208	0.204	148.10	0.6440
30000	0.222	0.228	0.231	0.227	164.56	0.7185

Gráfico N° D.29 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.161 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.14
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	155.34
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6708
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	227450

Cuadro N° D.162 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

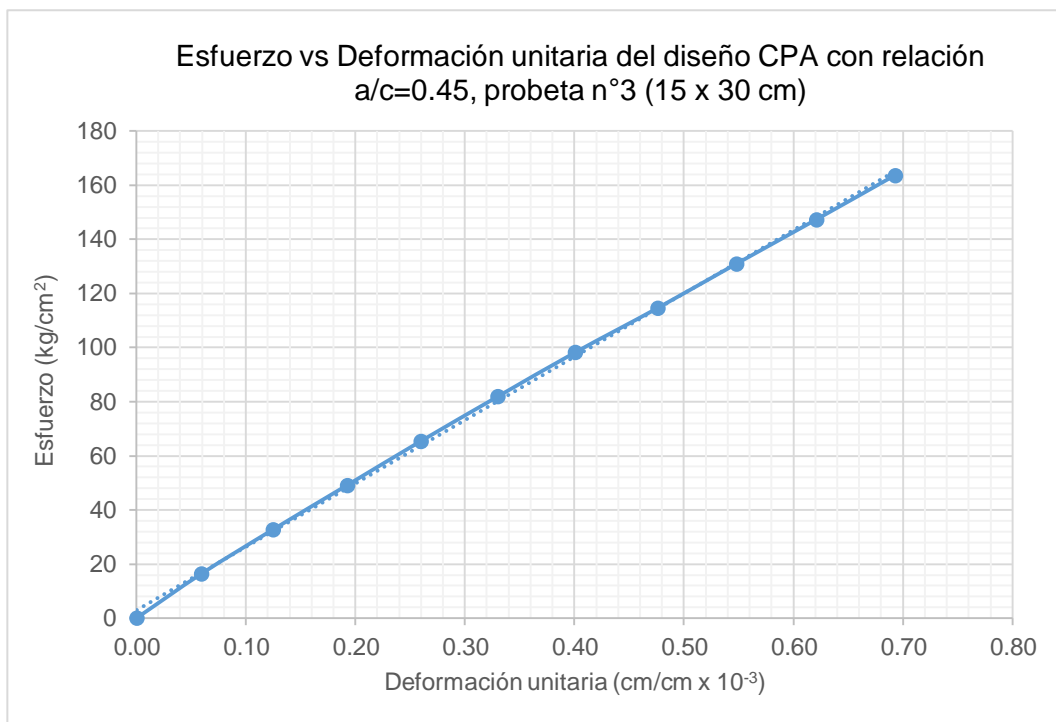
Diseño CPA (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.19	15.37	15.28
Altura (cm)	31	31.1	31.05
Área (cm <sup>2</sup> )	181.22	185.54	183.38

Carga (kg)	71400
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	389.36
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	155.74

Cuadro N° D.163 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CPA (56 días)						
a/c: 0.45						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.010	0.011	0.007	0.00	0.0000
3000	0.020	0.027	0.029	0.025	16.36	0.0590
6000	0.040	0.048	0.049	0.046	32.72	0.1245
9000	0.060	0.068	0.072	0.067	49.08	0.1922
12000	0.081	0.090	0.092	0.088	65.44	0.2598
15000	0.102	0.111	0.115	0.109	81.80	0.3296
18000	0.124	0.134	0.136	0.131	98.16	0.4004
21000	0.150	0.156	0.158	0.155	114.52	0.4756
24000	0.172	0.179	0.18	0.177	130.88	0.5475
27000	0.196	0.200	0.203	0.200	147.24	0.6205
30000	0.219	0.223	0.224	0.222	163.59	0.6924

Gráfico N° D.30 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.164 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CPA con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

<b>Diseño CPA (56 días)</b>	
<b>a/c=0.45</b>	
<b>Probeta n°3 (15 x 30 cm)</b>	
<b>Variables</b>	<b>Resultados</b>
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.75
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	155.74
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6525
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	234010

Cuadro N° D.165 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)				
a/c=0.45				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.22	10.26	10.26	10.25
Altura (cm)	20.90	20.80	20.91	20.87
Área (cm <sup>2</sup> )	82.03	82.68	82.68	82.46
Carga (kg)	33800	36000	33800	34533
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	412.03	435.43	408.82	418.76
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	29666	31351	29435	30151

Cuadro N° D.166 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

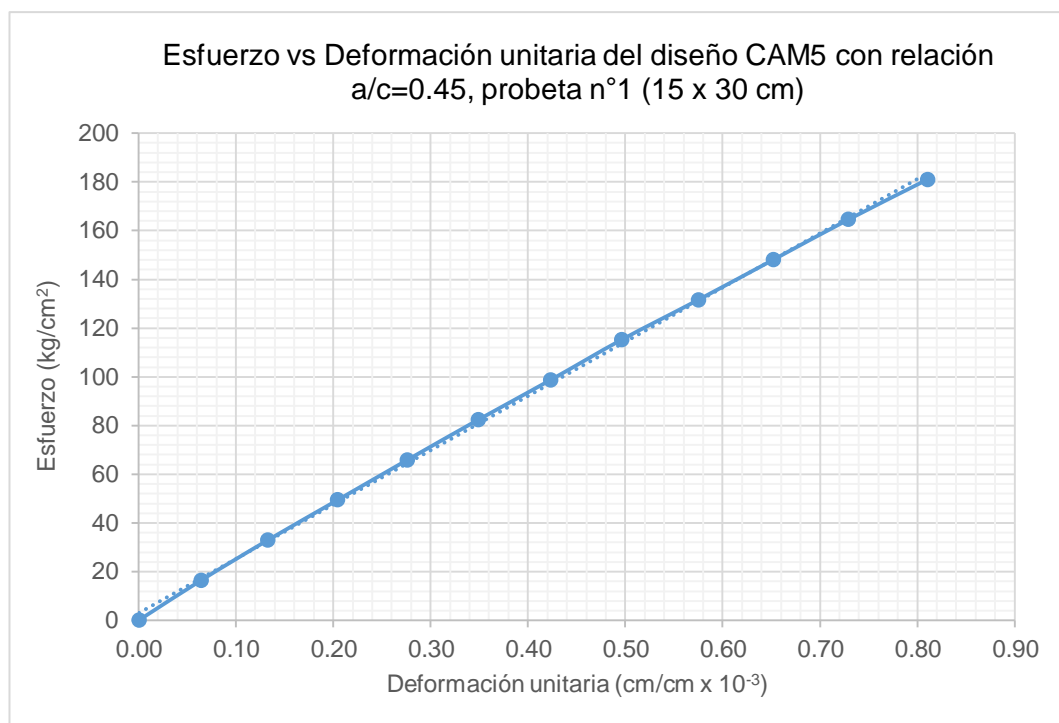
Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.35	15.13	15.24
Altura (cm)	31.20	31.20	31.20
Área (cm <sup>2</sup> )	185.06	179.79	182.42
Carga (kg)	74000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	405.65		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	162.26		

Cuadro N° D.167 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.015	0.016	0.010	0.00	0.0000
3000	0.019	0.034	0.038	0.030	16.45	0.0641
6000	0.039	0.057	0.059	0.052	32.89	0.1325
9000	0.062	0.078	0.082	0.074	49.34	0.2041
12000	0.082	0.102	0.105	0.096	65.78	0.2757

15000	0.105	0.124	0.128	0.119	82.23	0.3483
18000	0.128	0.148	0.151	0.142	98.67	0.4231
21000	0.152	0.170	0.173	0.165	115.12	0.4957
24000	0.180	0.193	0.196	0.190	131.56	0.5748
27000	0.205	0.217	0.219	0.214	148.01	0.6517
30000	0.231	0.24	0.242	0.238	164.45	0.7287
33000	0.259	0.264	0.266	0.263	180.90	0.8099

Gráfico N° D.31 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.168 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.23
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	162.26
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.7150
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	222610

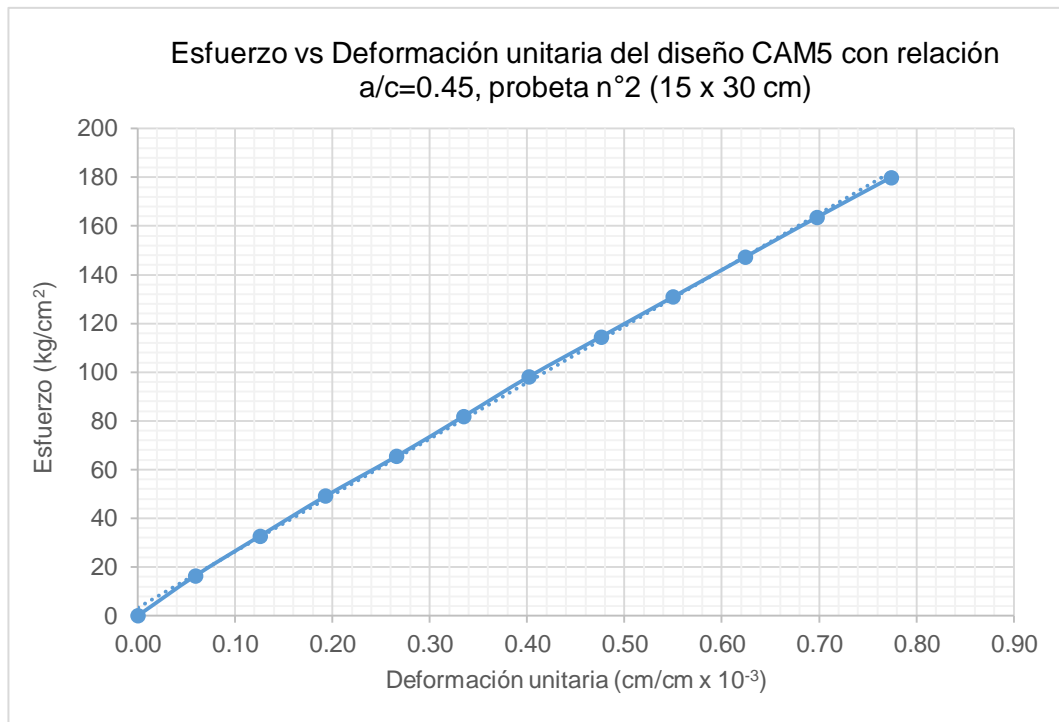
Cuadro N° D.169 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.42	15.14	15.28
Altura (cm)	31.20	31	31.1
Área (cm <sup>2</sup> )	186.75	180.03	183.39
Carga (kg)	71000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	387.16		
40% <i>f</i> 'c (kg/cm <sup>2</sup> )	154.86		

Cuadro N° D.170 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.011	0.012	0.008	0.00	0.0000
3000	0.019	0.029	0.030	0.026	16.36	0.0590
6000	0.038	0.050	0.052	0.047	32.72	0.1254
9000	0.058	0.071	0.074	0.068	49.08	0.1929
12000	0.080	0.095	0.096	0.090	65.43	0.2658
15000	0.101	0.116	0.118	0.112	81.79	0.3344
18000	0.123	0.136	0.139	0.133	98.15	0.4019
21000	0.146	0.159	0.162	0.156	114.51	0.4759
24000	0.170	0.181	0.185	0.179	130.87	0.5499
27000	0.194	0.204	0.207	0.202	147.23	0.6238
30000	0.219	0.226	0.229	0.225	163.59	0.6978
33000	0.245	0.248	0.252	0.248	179.95	0.7739

Gráfico N° D.32 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.171 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.86
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	154.86
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6559
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	231080

Cuadro N° D.172 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.17	15.37	15.27
Altura (cm)	31.20	31.2	31.2
Área (cm <sup>2</sup> )	180.74	185.54	183.14

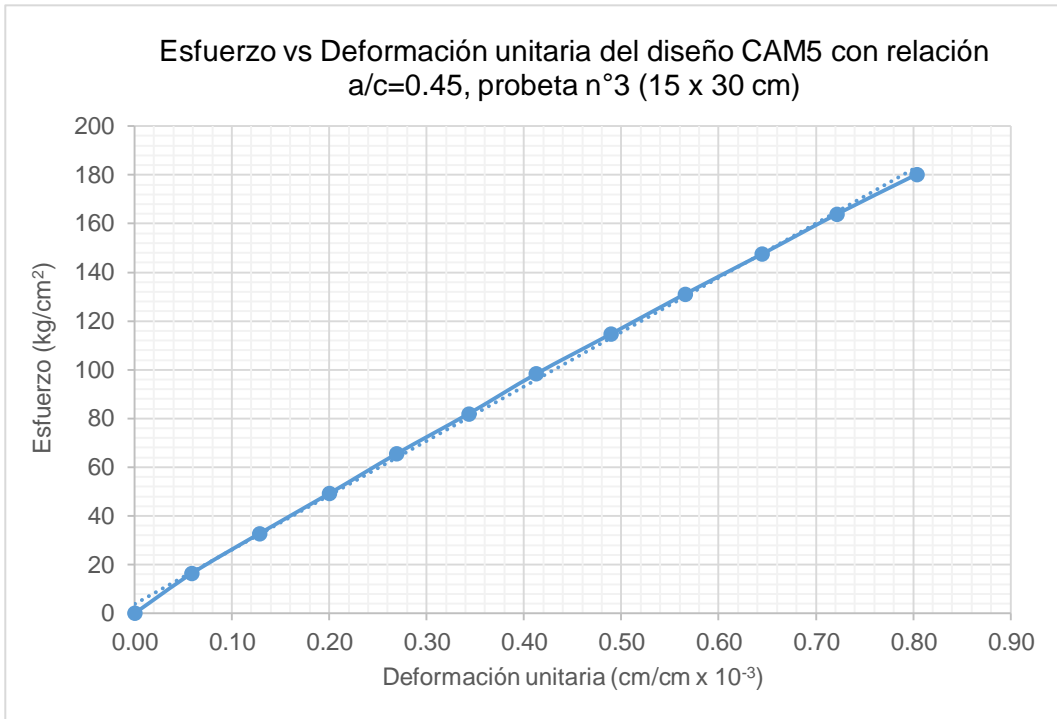


Carga (kg)	71200
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	388.77
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	155.51

Cuadro N° D.173 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.017	0.017	0.011	0.00	0.0000
3000	0.019	0.034	0.036	0.030	16.38	0.0588
6000	0.039	0.057	0.058	0.051	32.76	0.1282
9000	0.062	0.078	0.081	0.074	49.14	0.1998
12000	0.083	0.100	0.103	0.095	65.52	0.2692
15000	0.105	0.123	0.127	0.118	81.90	0.3430
18000	0.128	0.144	0.148	0.140	98.28	0.4124
21000	0.153	0.168	0.171	0.164	114.67	0.4893
24000	0.177	0.192	0.194	0.188	131.05	0.5652
27000	0.204	0.215	0.218	0.212	147.43	0.6443
30000	0.229	0.238	0.242	0.236	163.81	0.7212
33000	0.259	0.262	0.265	0.262	180.19	0.8034

Gráfico N° D.33 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.174 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM5 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM5 (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	15.05
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	155.51
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6793
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	223190

Cuadro N° D.175 Resistencia a la compresión para probetas de prueba (10 x 20 cm) en el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)				
a/c=0.45				
Resistencia a la compresión (Probetas de 10 x 20 cm)				
Datos	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
Diámetro (cm)	10.19	10.24	10.24	10.22
Altura (cm)	21.02	20.40	21.03	20.82
Área (cm <sup>2</sup> )	81.55	82.35	82.35	82.09
Carga (kg)	34000	33200	32000	33067
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	416.91	403.13	388.56	402.87
40%xCarga (kg) Probeta (15 x 30 cm)	30017	29026	27976	29006

Cuadro N° D.176 Datos de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

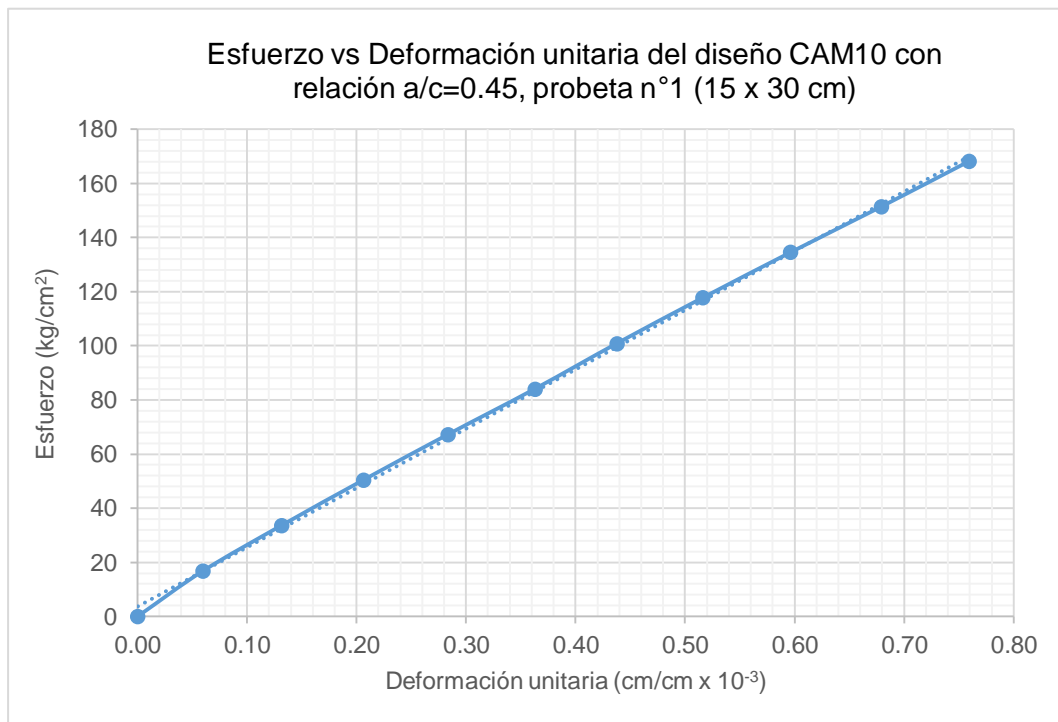
Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°1 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.05	15.09	15.07
Altura (cm)	30.63	30.74	30.685
Área (cm <sup>2</sup> )	177.89	178.84	178.37
Carga (kg)	68400		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	383.48		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	153.39		

Cuadro N° D.177 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°1 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.007	0.008	0.005	0.00	0.0000
3000	0.017	0.026	0.027	0.023	16.82	0.0597
6000	0.039	0.048	0.049	0.045	33.64	0.1314
9000	0.060	0.071	0.074	0.068	50.46	0.2064
12000	0.083	0.096	0.097	0.092	67.28	0.2835

15000	0.107	0.119	0.123	0.116	84.10	0.3628
18000	0.130	0.142	0.146	0.139	100.91	0.4378
21000	0.156	0.166	0.168	0.163	117.73	0.5160
24000	0.182	0.189	0.193	0.188	134.55	0.5964
27000	0.208	0.213	0.219	0.213	151.37	0.6790
30000	0.234	0.238	0.242	0.238	168.19	0.7593

Gráfico N° D.34 Resultados de la probeta n°1 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.178 Módulo elástico estático de la probeta n°1 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°1 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.77
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	153.39
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6830
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	218970

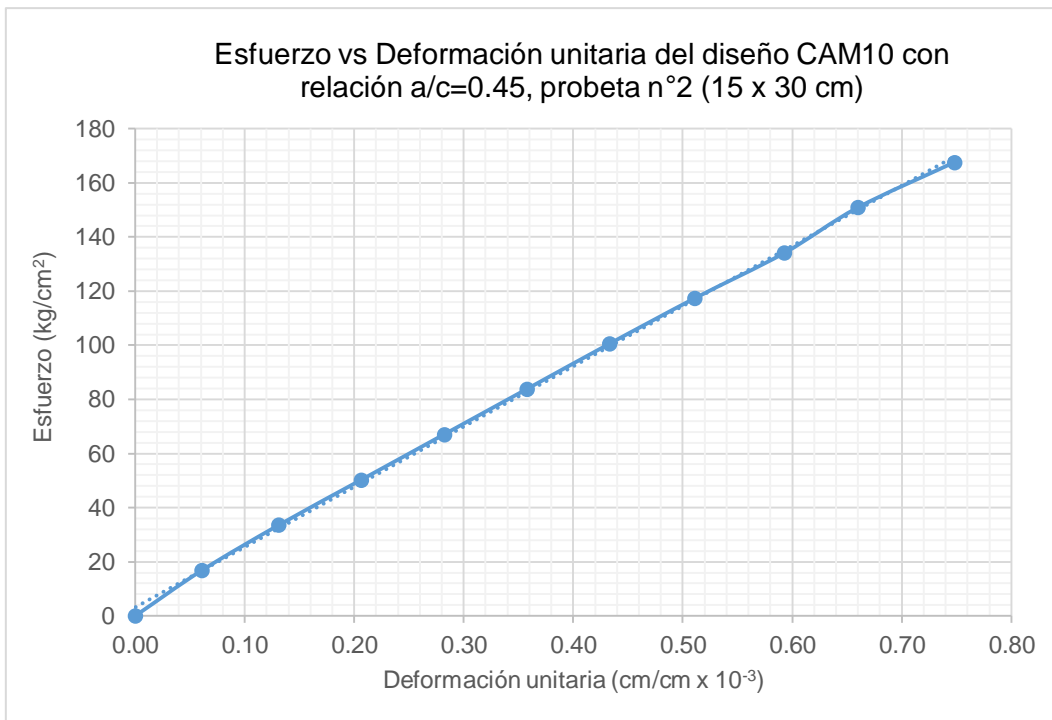
Cuadro N° D.179 Datos de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°2 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.07	15.12	15.095
Altura (cm)	31.3	31.34	31.32
Área (cm <sup>2</sup> )	178.37	179.55	178.96
Carga (kg)	69000		
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	385.56		
40%xf'c (kg/cm <sup>2</sup> )	154.22		

Cuadro N° D.180 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°2 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.003	0.006	0.003	0.00	0.0000
3000	0.019	0.022	0.025	0.022	16.76	0.0607
6000	0.040	0.045	0.047	0.044	33.53	0.1309
9000	0.063	0.069	0.071	0.068	50.29	0.2065
12000	0.086	0.092	0.096	0.091	67.05	0.2820
15000	0.110	0.116	0.119	0.115	83.82	0.3576
18000	0.134	0.139	0.143	0.139	100.58	0.4332
21000	0.158	0.163	0.168	0.163	117.34	0.5109
24000	0.186	0.187	0.193	0.189	134.11	0.5928
27000	0.204	0.212	0.213	0.210	150.87	0.6599
30000	0.234	0.238	0.24	0.237	167.63	0.7482

Gráfico N° D.35 Resultados de la probeta n°2 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.181 Módulo elástico estático de la probeta n°2 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°2 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.40
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	154.22
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.6786
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	222450

Cuadro N° D.182 Datos de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

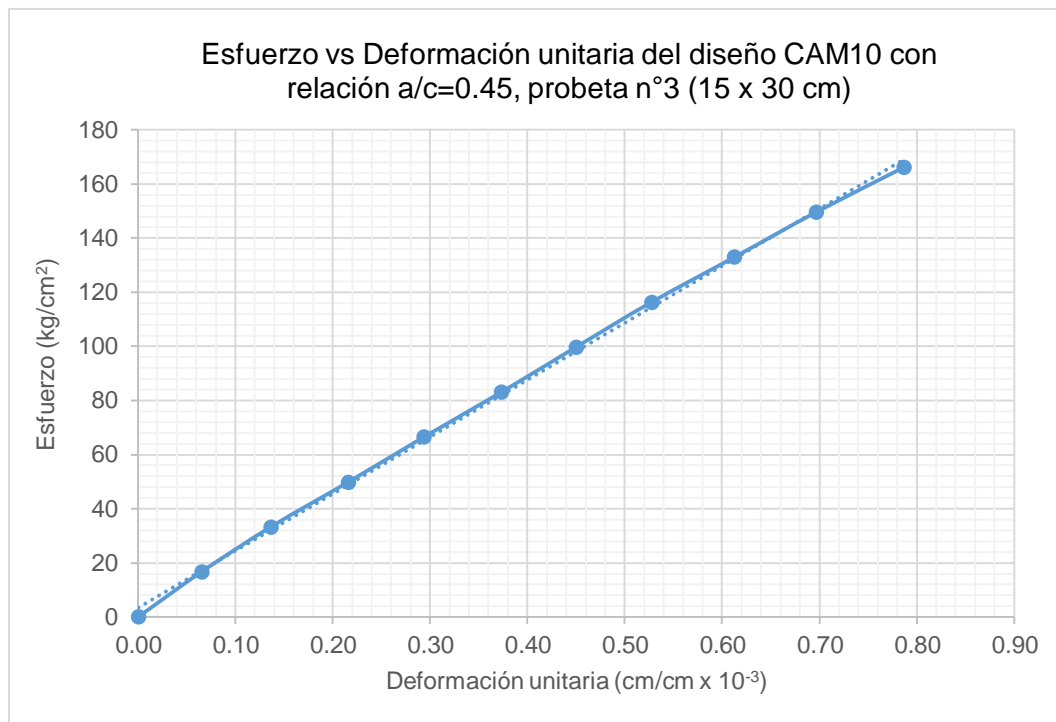
Diseño CAM10 (56 días)			
a/c=0.45			
Probeta n°3 (15 x 30 cm)			
Datos	Dato 1	Dato 2	Promedio
Diámetro (cm)	15.16	15.17	15.165
Altura (cm)	31.36	31.37	31.365
Área (cm <sup>2</sup> )	180.50	180.74	180.62
Carga (kg)	57000		

Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	315.57
40%xf <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	126.23

Cuadro N° D.183 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)						
a/c=0.45						
Probeta n°3 (15 x 30 cm)						
Fuerza (kg)	Lectura 1 (mm)	Lectura 2 (mm)	Lectura 3 (mm)	Lectura promedio (mm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Deformación unitaria (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )
0	0.000	0.015	0.015	0.010	0.00	0.0000
3000	0.020	0.035	0.036	0.030	16.61	0.0648
6000	0.040	0.058	0.060	0.053	33.22	0.1360
9000	0.064	0.083	0.086	0.078	49.83	0.2157
12000	0.087	0.109	0.110	0.102	66.44	0.2933
15000	0.113	0.133	0.135	0.127	83.05	0.3730
18000	0.138	0.157	0.158	0.151	99.65	0.4496
21000	0.163	0.181	0.182	0.175	116.26	0.5271
24000	0.191	0.207	0.208	0.202	132.87	0.6122
27000	0.222	0.231	0.232	0.228	149.48	0.6961
30000	0.251	0.259	0.26	0.257	166.09	0.7865

Gráfico N° D.36 Resultados de la probeta n°3 (15 x 30 cm) para el ensayo de módulo elástico estático en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado



Cuadro N° D.184 Módulo elástico estático de la probeta n°3 (15 x 30 cm) en el diseño CAM10 con relación a/c=0.45 a 56 días de curado

Diseño CAM10 (56 días)	
a/c=0.45	
Probeta n°3 (15 x 30 cm)	
Variables	Resultados
E1 (kg/cm <sup>2</sup> )	14.03
E2 (kg/cm <sup>2</sup> )	126.23
D2 (cm/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.5827
M.E.E (kg/cm <sup>2</sup> )	210630



Cuadro N° D.185 Cantidad de probetas del ensayo de módulo elástico estático

a/c	Diseño de mezcla	Cantidad de probetas	
		Edad (56 días)	
		Módulo elástico estático (15 x 30 cm)	Resistencia a la compresión (10 x 20 cm)
0.55	CP	3	3
	CPA	3	3
	CAM5	3	3
	CAM10	3	3
0.50	CP	3	3
	CPA	3	3
	CAM5	3	3
	CAM10	3	3
0.45	CP	3	3
	CPA	3	3
	CAM5	3	3
	CAM10	3	3

Cuadro N° D.186 Valores del ensayo de módulo elástico estático

a/c	Diseño de mezcla	Módulo elástico estático (kg/cm <sup>2</sup> )			Modulo elástico estático promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Edad (56 días)
0.55	CP	233600	233230	217270	228033
	CPA	228790	225620	228210	227540
	CAM5	221230	211150	212000	214793
	CAM10	228930	220510	223600	224347
0.50	CP	233123	229120	229290	230511
	CPA	239860	239200	231060	236707
	CAM5	225130	221890	237450	228157
	CAM10	222410	219020	216870	219433
0.45	CP	224680	231210	233330	229740
	CPA	227210	227450	234010	229557
	CAM5	222610	231080	223190	225627
	CAM10	218970	222450	210630	217350

## ANEXO E: CONSTANCIAS

Constancia N° E.1 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 1 día de curado en el Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones



### FORMATO DE ENSAYO

SOLICITANTE : BACH. ING. FERNANDO MANUEL VÁSQUEZ RUBIO MUESTRA : Probetas de Concreto  
 PROYECTO : Tesis CANTIDAD : 12  
 REFERENCIA : OFICIO N°084-2018-MTC/14.01  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03.01.2019 FECHA DE ENSAYO : 04.01.2019

NTP 339.034 : 2018 METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS.

N° DE TESTIGO	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
CP	Relación agua/cemento:0.55	01/08/2018	02/08/2018	1	10.10	80.12	5,842	73
CPA		01/08/2018	02/08/2018	1	10.20	81.71	8,645	106
CAM5		01/08/2018	02/08/2018	1	10.21	81.87	13,718	168
CAM10		01/08/2018	02/08/2018	1	10.11	80.28	12,019	150
CP	Relación agua/cemento:0.50	02/08/2018	03/08/2018	1	10.07	79.64	5,824	73
CPA		02/08/2018	03/08/2018	1	10.09	79.96	10,100	126
CAM5		02/08/2018	03/08/2018	1	10.05	79.33	12,450	157
CAM10		02/08/2018	03/08/2018	1	10.20	81.71	15,989	196
CP	Relación agua/cemento:0.45	06/08/2018	07/08/2018	1	10.30	83.32	9,678	116
CPA		06/08/2018	07/08/2018	1	10.10	80.12	11,443	143
CAM5		06/08/2018	07/08/2018	1	10.11	80.28	14,649	182
CAM10		06/08/2018	07/08/2018	1	10.22	82.03	16,941	207
<b>Características de la Máquina para Ensayo a la Compresión</b>								
Marca N° : ELE INTERNATIONAL			Modelo N° : N° 36-3088/02			Serie N° : 080900000008		
Fecha de calibración: 2016.13.18 Referencia: Norma ISO 7500-1 "Metallic materials verification of static uniaxial testing machines"								

#### Observaciones

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Relación Longitud/Diámetro promedio =2.0 (muestras cilíndricas de 4" x 8")



ING. CESAR A. FERREYROS CÓRCUERA  
Lima, 4 de Enero del 2019

UMC (1/1)  
mgf/pchc  
O.S.N° 014



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf. : 481-3707 Fax : 481-0677

Constancia N° E.2 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 7 días de curado en el  
Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones



FORMATO DE ENSAYO

SOLICITANTE : BACH. ING. FERNANDO MANUEL VÁSQUEZ RUBIO MUESTRA : Probetas de Concreto  
PROYECTO : Tesis CANTIDAD : 12  
REFERENCIA : OFICIO N°084-2018-MTC/14.01  
FECHA DE RECEPCIÓN : 03.01.2019 FECHA DE ENSAYO : 04.01.2019

NTP 339.034 : 2018 METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS.

N° DE TESTIGO	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
CP	Relación agua/cemento:0.55	13/08/2018	20/08/2018	7	10.21	81.87	18,194	222
CPA		13/08/2018	20/08/2018	7	10.11	80.28	20,091	250
CAM5		13/08/2018	20/08/2018	7	10.02	78.85	22,770	289
CAM10		13/08/2018	20/08/2018	7	10.19	81.55	23,652	290
CP	Relación agua/cemento:0.50	14/08/2018	21/08/2018	7	10.18	81.39	22,088	271
CPA		14/08/2018	21/08/2018	7	10.13	80.60	24,335	302
CAM5		14/08/2018	21/08/2018	7	10.24	82.36	25,185	306
CAM10		14/08/2018	21/08/2018	7	10.29	83.16	26,352	317
CP	Relación agua/cemento:0.45	15/08/2018	22/08/2018	7	10.18	81.39	23,072	283
CPA		15/08/2018	22/08/2018	7	10.11	80.28	26,656	332
CAM5		15/08/2018	22/08/2018	7	10.15	80.91	26,659	329
CAM10		15/08/2018	22/08/2018	7	10.18	81.39	28,262	347
<b>Características de la Máquina para Ensayo a la Compresión</b>								
Marca N° : ELE INTERNACIONAL			Modelo N° : N° 36-3088/02			Serie N° : 080900000008		
Fecha de calibración: 2016.13.18 Referencia: Norma ISO 7500-1 "Metallic materials verification of static uniaxial testing machines"								

Observaciones

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Relación Longitud/Diámetro promedio =2.0 (muestras cilíndricas de 4" x 8")



ING. CESAR A. FERREYROS CORCUERA  
Lima, 4 de Enero del 2019

UMC (1/1)  
mgf/pchc  
O.S.N° 014



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

Constancia N° E.3 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 28 días de curado en el  
Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones



FORMATO DE ENSAYO

SOLICITANTE : BACH. ING. FERNANDO MANUEL VÁSQUEZ RUBIO MUESTRA : Probetas de Concreto  
 PROYECTO : Tesis CANTIDAD : 12  
 REFERENCIA : OFICIO N°084-2018-MTC/14.01  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03.01.2019 FECHA DE ENSAYO : 04.01.2019

NTP 339.034 : 2018 METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS.

N° DE TESTIGO	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
CP	Relación agua/cemento:0.55	04/09/2018	02/10/2018	28	10.11	80.28	22,155	276
CPA		04/09/2018	02/10/2018	28	10.09	79.96	28,184	352
CAM5		04/09/2018	02/10/2018	28	10.12	80.44	28,210	351
CAM10		04/09/2018	02/10/2018	28	10.29	83.16	28,660	345
CP	Relación agua/cemento:0.50	05/09/2018	03/10/2018	28	10.21	81.87	29,280	358
CPA		05/09/2018	03/10/2018	28	10.31	83.48	32,294	387
CAM5		05/09/2018	03/10/2018	28	10.11	80.28	30,771	383
CAM10		05/09/2018	03/10/2018	28	10.15	80.91	31,096	384
CP	Relación agua/cemento:0.45	06/09/2018	04/10/2018	28	10.27	82.84	34,003	410
CPA		06/09/2018	04/10/2018	28	10.08	79.80	35,505	445
CAM5		06/09/2018	04/10/2018	28	10.19	81.55	32,062	393
CAM10		06/09/2018	04/10/2018	28	10.22	82.03	34,082	415
<b>Características de la Máquina para Ensayo a la Compresión</b>								
Marca N° : ELE INTERNACIONAL			Modelo N° : N° 36-3088/02			Serie N° : 080900000008		
Fecha de calibración: 2016.13.18 Referencia: Norma ISO 7500-1 "Metallic materials verification of static uniaxial testing machines"								

Observaciones

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Relación Longitud/Diámetro promedio =2.0 (muestras cilíndricas de 4" x 8")



ING. CESAR A. FERREYROS CORCUERA  
Lima, 4 de Enero del 2019

UMC (1/1)  
mgf/pchc  
O.S.N° 014



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf. : 481-3707

Fax : 481-0677

Constancia N° E.4 Ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 56 días de curado en el  
Laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones



FORMATO DE ENSAYO

SOLICITANTE : BACH. ING. FERNANDO MANUEL VÁSQUEZ RUBIO MUESTRA : Probetas de Concreto  
 PROYECTO : Tesis CANTIDAD : 12  
 REFERENCIA : OFICIO N°084-2018-MTC/14.01  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03.01.2019 FECHA DE ENSAYO : 04.01.2019

NTP 339.034 : 2018 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS.

N° DE TESTIGO	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
CP	Relación agua/cemento:0.55	04/10/2018	29/11/2018	56	10.21	81.87	22,793	278
CPA		04/10/2018	29/11/2018	56	10.23	82.19	29,703	361
CAM5		04/10/2018	29/11/2018	56	10.11	80.28	32,567	406
CAM10		04/10/2018	29/11/2018	56	10.06	79.49	30,458	383
CP	Relación agua/cemento:0.50	08/10/2018	03/12/2018	56	10.14	80.75	30,114	373
CPA		08/10/2018	03/12/2018	56	10.18	81.39	31,945	392
CAM5		08/10/2018	03/12/2018	56	10.21	81.87	34,315	419
CAM10		08/10/2018	03/12/2018	56	10.15	80.91	34,487	426
CP	Relación agua/cemento:0.45	09/10/2018	04/12/2018	56	10.17	81.23	34,128	420
CPA		09/10/2018	04/12/2018	56	10.08	79.80	36,279	455
CAM5		09/10/2018	04/12/2018	56	10.12	80.44	34,318	427
CAM10		09/10/2018	04/12/2018	56	10.23	82.19	35,593	433
<b>Características de la Máquina para Ensayo a la Compresión</b>								
Marca N° : ELE INTERNACIONAL			Modelo N° : N° 36-3088/02			Serie N° : 080900000008		
Fecha de calibración: 2016.13.18 Referencia: Norma ISO 7500-1 "Metallic materials verification of static uniaxial testing machines"								

Observaciones

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Relación Longitud/Diámetro promedio =2.0 (muestras cilíndricas de 4" x 8")



ING. CESAR A. FERREYROS CORCUERA  
Lima, 4 de Enero del 2019

UMC (1/1)  
mgf/pchc  
O.S.N° 014



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Telf. : 481-3707

Fax : 481-0677

Constancia N° E.5 Ensayos de agregados, concreto en estado fresco y ensayo de módulo elástico estático en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



## CONSTANCIA

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

El Sr. **Fernando Manuel Vásquez Rubio**, Alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, solicitó al Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales permiso para la realización de ensayos, estudio de agregados, Tiempo de fraguado y exudación, Ensayo de resistencia a la compresión y modulo elástico de muestras cilíndricas de concreto, en el marco de la Investigación "ESTUDIO DEL CONCRETO DE MEDIANA A ALTA RESISTENCIA CON MICROSÍLICE NACIONAL Y ADITIVO PLASTIFICANTE, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND I", con fines de tesis.

Se le brindo las facilidades del caso para la realización de dichos ensayos a partir de la fecha del 26 de Octubre del 2018 hasta el 28 de Diciembre del 2018.

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

Lima, 02 de Abril del 2019

Ms. Ing. **ANA TORRE CARRILLO**  
Jefe (e) de Laboratorio



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

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Constancia N° E.6 Boleta por el servicio de análisis químico en el Laboratorio de Películas  
Delgadas de la Facultad de Ciencias de la UNI



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNI**  
Oficina Central de Economía y Finanzas  
**UNIDAD DE TESORERÍA**  
DOMICILIO FISCAL:  
Av. Túpac Amaru N° 210 - Rimac - Lima - Lima  
TELF: 482-5072

**R.U.C.: 20169004359**  
**BOLETA DE VENTA  
ELECTRÓNICA**  
**N° B004 - 00083815**

SEÑOR(ES) : VASQUEZ RUBIO FERNANDO MANUEL	FECHA EMISIÓN : 2019-01-24
DNI : 73787104	TIPO MONEDA : SOLES
PRESUPUESTO : SS. LABORATORIO DE FISICA INTERMEDIA Y AVANZADA	MEDIO PAGO : Efectivo
DEPENDENCIA : CIENCIAS LABORATORIO DE FISICA INTERMEDIA Y AVANZADA	

ITEM	CANT.	PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDA MEDIDA	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	VALOR DE VENTA
1	1.00	13392302	ANALISIS LABORATORIO - FACULTAD	UNI	508.47	600.00	600.00

OP. GRAVADAS	OP. INAFECTAS	OP. EXONERADAS	ANTICIPOS	I.G.V. 18%	TOTAL A PAGAR
508.47	0.00	0.00	0.00	91.53	600.00

SON: SEISCIENTOS CON 00/100 SOLES  
Incorporado al Régimen de Agentes de Retención de IGV (R.S. 135-2002) a partir del 01/11/2002

NOTA:



Representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica  
Podrá ser consultado en <http://www.ocef.uni.edu.pe/webComprobantes>  
Autorizado mediante Resolución de Intendencia N° 0320050000852/SUNAT

INFORMACION ADICIONAL

ELABORADO POR: lflores

## ANEXO F: PANEL FOTOGRÁFICO

En la fotografías se muestra ensayos, procesos y detalles realizados en el desarrollo de la presente tesis las cuales dan una visión general de cómo se realizó.

Foto N° F.1 Realizando el ensayo de peso unitario compactado del agregado global



Foto N° F.2 Preparación de mezcla





Foto N° F.3 Muestra de 50g para hallar el peso específico del Micromineral SIO 400

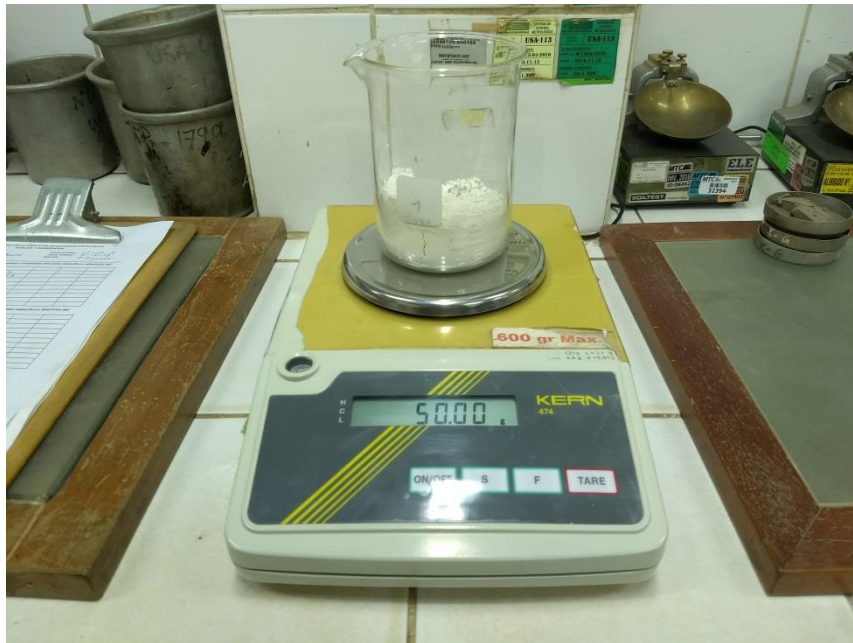


Foto N° F.4 Micromineral SIO 400 en el frasco de Le Chatelier



Foto N° F.5 Ensayo de asentamiento



Foto N° F.6 Enrazado de probetas



Foto N° F.7 Desencofrado de probetas



Foto N° F.8 Curado de Probetas



Foto N° F.9 Ensayo de peso unitario compactado



Foto N° F.10 Ensayo de contenido de aire



Foto N° F.11 Ensayo de fluidez



Foto N° F.12 Ensayo de tiempo de fragua



Foto N° F.13 Ensayo de resistencia a la compresión

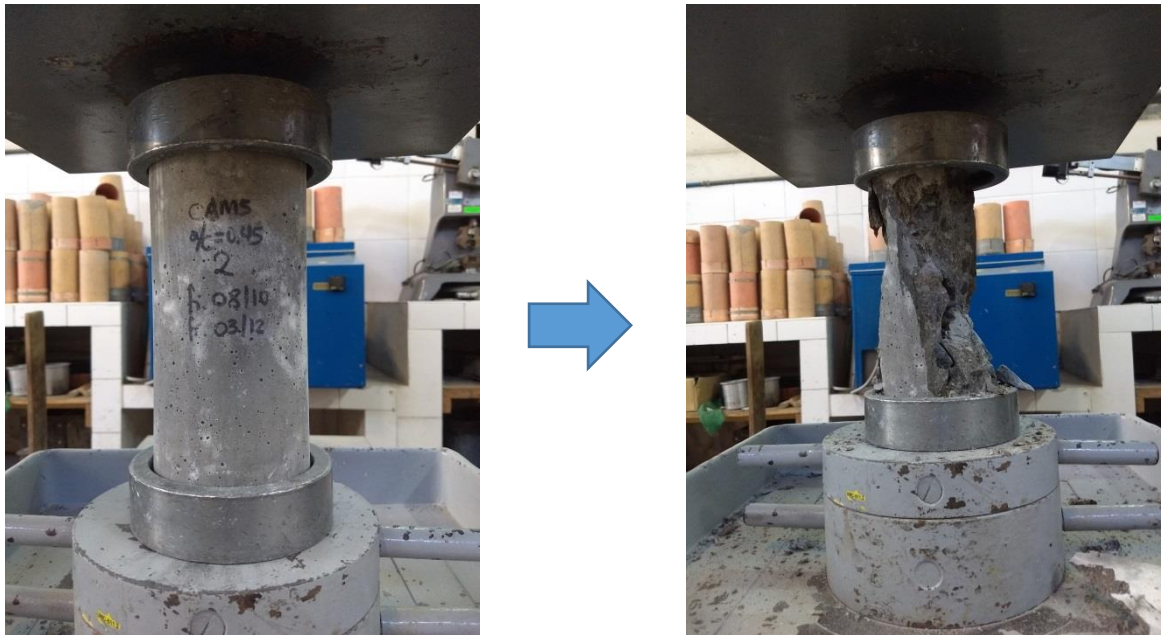


Foto N° F.14 Ensayo de tracción por compresión diametral

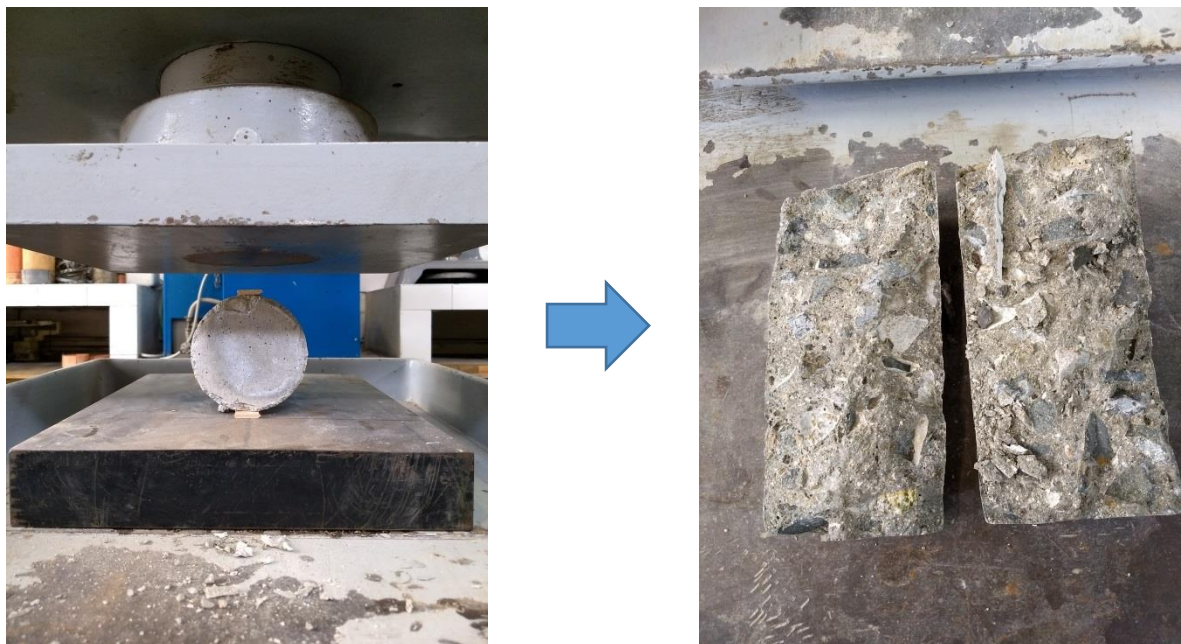


Foto N° F.15 Ensayo de módulo elástico estático

