

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



TESIS

**“FABRICACIÓN DE CONCRETO CON ADITIVO
EXPANSIVO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR
DAVID DÁLAMBERT LINO RUIZ**

**ASESOR
Ing. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELÚ**

**LIMA-PERÚ
2018**

© 2018, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

dalambert_1290@hotmail.com

Celular: 982150703

ÍNDICE

RESUMEN	4
PRÓLOGO	6
LISTA DE CUADROS	7
LISTA DE GRÁFICOS	9
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1 GENERALIDADES.....	11
1.2 PROBLEMÁTICA	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo General.....	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 HIPÓTESIS.....	12
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	13
CAPÍTULO III: MATERIALES	15
3.1 AGREGADOS	15
3.1.1 Propiedades físicas de los agregados.....	15
3.2 ADITIVO.....	24
3.3 CEMENTO.....	25
3.4 AGUA	27
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y DOSIFICACIÓN	28
4.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN.....	28
4.1.1 Máxima Compacidad	28
4.2 DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO EXPANSIVO.....	31
CAPÍTULO V: PROCEDIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO	33
5.1 ENSAYOS EN EL CONCRETO FRESCO	33
5.1.1 Consistencia (NTP 339.036)	33

5.1.2	Fluidez (NTP 339.085)	34
5.1.3	Peso Unitario (NTP 339.045)	34
5.1.4	Contenido de aire (NTP 339.088)	35
5.2	ENSAYOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO	37
5.2.1	Resistencia a la compresión	37
5.2.2	Resistencia a la tracción por compresión diametral	37
5.2.3	Módulo Elástico	38
5.2.4	Expansión	39
CAPÍTULO VI: RELACIÓN DE CUADROS Y GRÁFICOS DE RESULTADOS		41
6.1	CONCRETO FRESCO	41
6.1.1	Consistencia	41
6.1.2	Fluidez	42
6.1.3	Peso Unitario	44
6.1.4	Contenido de aire	45
6.2	CONCRETO ENDURECIDO	47
6.2.1	Resistencia a la compresión	47
6.2.2	Resistencia a la tracción por compresión diametral	49
6.2.3	Módulo Elástico	50
6.2.4	Expansión	52
6.3	COSTOS UNITARIOS	53
CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS		55
7.1	CONCRETO FRESCO	55
7.1.1	Consistencia	55
7.1.2	Fluidez	55
7.1.3	Peso Unitario	56
7.1.4	Contenido de aire	56
7.2	CONCRETO ENDURECIDO	56
7.2.1	Resistencia a la compresión	57

7.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral	57
7.2.3 Módulo Elástico	57
7.2.4 Expansión	58
7.3 ANÁLISIS DE COSTOS	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	66
ANEXO A – AGREGADOS Y ADITIVOS	66
ANEXO B – CONCRETO FRESCO	77
ANEXO C – CONCRETO ENDURECIDO	80
ANEXO D – PANEL FOTOGRÁFICO	109

RESUMEN

La contracción del concreto es un problema latente para las estructuras, ya que deforma y agrieta al concreto haciendo que la estructura no sea muy durable en el tiempo. Otra problemática es el mal vaciado del concreto, haciendo que al final queden oquedades (cangrejeras) que son perjudiciales para el mismo, ya que permite el ingreso de agentes dañinos. Ante este tipo de problemática se necesita un concreto que ocupe y llene la mayor cantidad de vacíos ya sea para resanar estructuras existentes o para estabilizarlas.

La presente Tesis analiza el concreto fabricado con aditivo expansivo, para ello se han hecho tres relaciones A/C: 0.50, 0.55 y 0.60. Cada relación forma parte del Concreto Patrón y del Concreto con Aditivo Expansivo.

Este trabajo de investigación comprende el desarrollo de diseño de mezclas teniendo en cuenta la máxima compacidad de Agregado Global, para optimizar el uso del aditivo, que garantice una máxima resistencia a la compresión. Para ello se han realizado diversos ensayos de las propiedades físicas de los agregados (arena y piedra), como también los ensayos en el concreto fresco (consistencia, fluidez, PU, Contenido de Aire) y en el concreto endurecido (resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción por compresión diametral, módulo elástico, variación volumétrica). Para ello se han elaborado 252 probetas para someterlas a los ensayos respectivos.

Los ensayos realizados han sido de acuerdo a lo que manda la Norma Técnica Peruana (NTP) y de acuerdo a las exigencias de las características del aditivo (Aditivo Expansivo). Observándose que con el uso del aditivo expansivo hay variaciones favorables en cuanto a cambio de contenido de aire y volumen del concreto, pero desfavorables en cuanto a la resistencia.

ABSTRACT

Concrete shrinkage is a latent problem for structures, as it deforms and cracks concrete making the structure not very durable over time. Another problem is the bad casting of concrete, causing at the end are cavities (crabs) that are harmful to the same, as it allows the entry of harmful agents and also weakens the structure itself. Faced with this type of problem requires a concrete that occupy and fill the largest number of voids either to repair existing structures or to stabilize them.

The present thesis analyzes the concrete made with expansive additive, for which three W/C ratios have been made: 0.50, 0.55 and 0.60. Each relationship is part of the Concrete Pattern and Concrete with Expansive Additive.

This research work includes the development of blends design taking into account the maximum compactness of Global Aggregate, to optimize the use of the additive, which guarantees a maximum resistance to compression. For this purpose, several tests have been carried out on the physical properties of aggregates (sand and stone), as well as tests on fresh concrete (consistency, flowability, PU, Air Content) and on hardened concrete (axial compression strength, Tensile strength by diametrical compression, elastic modulus, volumetric variation). For this purpose, about 300 specimens have been prepared to be submitted to the respective tests.

The tests carried out were in accordance with the requirements of the Peruvian Technical Standard (NTP) and according to the requirements of the additive characteristics (Expansive Additive). It is observed that with the use of the expansive additive there are favorable variations in terms of air content change and concrete volume, but unfavorable in terms of strength.

PRÓLOGO

El concreto por diversos motivos, debido a su contracción, sufre de agrietamiento, fisuración, mala adherencia, entre otros problemas, que hace que no cumpla con su fin de diseño. Por ende es menester el estudio de un concreto que sea capaz de revertir la contracción y consecuente a ello revierta también los problemas que acarrea la misma.

Por tal motivo se requiere retomar el estudio en los concretos expansivos o reductores de contracción, para ver sus características en estado fresco y estado endurecido, observar las bondades que nos ofrecen.

Dada su relevancia, la presente tesis va dirigida a los ingenieros, estudiantes, constructores y público en general que deseen actualizarse o ampliar sus conocimientos en materia del concreto expansivo, para nuevas técnicas que mejoren la construcción en el país.

Ing. Carlos A. Barzola Gastelú
Asesor

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Determinación del PUS y PUC del Agregado Fino.....	16
Cuadro N° 2: Determinación del PUS y PUC del Agregado Grueso	16
Cuadro N° 3: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	17
Cuadro N° 4: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	18
Cuadro N° 5: Contenido de Humedad del Agregado Fino	18
Cuadro N° 6: Contenido de Humedad del Agregado Grueso	19
Cuadro N° 7: Huso para el agregado fino	19
Cuadro N° 8: Granulometría del Agregado Fino	20
Cuadro N° 9: Límite granulométrico para el agregado grueso	21
Cuadro N° 10: Granulometría del Agregado Grueso.....	21
Cuadro N° 11: Módulo de Finura del Agregado Fino	23
Cuadro N° 12: Módulo de Finura del Agregado Grueso	23
Cuadro N° 13: Resumen de las características de los agregados.....	24
Cuadro N° 14: Características físicas del cemento Portland Tipo I	26
Cuadro N° 15: Relación P/A de máximo PUC.....	28
Cuadro N° 16: Porcentaje de Arena vs. PUC	28
Cuadro N° 17: %Arena vs. F'c	30
Cuadro N° 18: Resumen de diseño de Concreto Patrón	31
Cuadro N° 19: Resumen de diseño del Concreto con Aditivo Expansivo.....	32
Cuadro N° 20: Consistencia del Concreto Patrón.....	33
Cuadro N° 21: Consistencia del Concreto Expansivo	33
Cuadro N° 22: Fluidez del Concreto Patrón.....	34
Cuadro N° 23: Fluidez del Concreto Expansivo	34
Cuadro N° 24: PUC del Concreto Patrón	35
Cuadro N° 25: PUC del Concreto Expansivo	35
Cuadro N° 26: Cont. Aire Concreto Patrón	36
Cuadro N° 27: Cont. Aire Concreto Expansivo.....	36
Cuadro N° 28: F'c Concreto Patrón y Expansivo	37
Cuadro N° 29: F'r Concreto Patrón	37
Cuadro N° 30: F'r Concreto Expansivo.....	38
Cuadro N° 31: Módulo Elástico Concreto Patrón.....	38
Cuadro N° 32: Módulo Elástico Concreto Expansivo	39
Cuadro N° 33: Expansión del Concreto Expansivo	40

Cuadro N° 34: Consistencia del Concreto.....	41
Cuadro N° 35: Fluidez del concreto	42
Cuadro N° 36: Peso Unitario del Concreto	44
Cuadro N° 37: Contenido del Aire del Concreto.....	45
Cuadro N° 38: F'c del concreto a los 7 días y 28 días	47
Cuadro N° 39: F'c del concreto patrón y expansivo	47
Cuadro N° 40: F'c del Concreto	47
Cuadro N° 41: F'r del concreto.....	49
Cuadro N° 42: Módulo Elástico del Concreto	50
Cuadro N° 43: Expansión del Concreto Expansivo	52
Cuadro N° 44: Costos Unitarios del Concreto	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Curva granulométrico del Agregado Fino.....	20
Gráfico N° 2: Curva granulométrica del agregado grueso.....	22
Gráfico N° 3: PUC de la combinación de agregados	29
Gráfico N° 4: Máxima resistencia respecto al % de Arena.....	30
Gráfico N° 5: Relación A/C vs. Asentamiento.....	41
Gráfico N° 6: Relación A/C vs. Asentamiento (%)	42
Gráfico N° 7: Relación A/C vs. Fluidez	43
Gráfico N° 8: Relación A/C vs. Fluidez (%).....	43
Gráfico N° 9: Relación A/C vs. PU	44
Gráfico N° 10: Relación A/C vs. PU (%).....	45
Gráfico N° 11: Relación A/C vs. Cont. Aire	46
Gráfico N° 12: Relación A/C vs. Cont. Aire (%).....	46
Gráfico N° 13: Edad del Concreto vs. F'c.....	48
Gráfico N° 14: Edad del concreto vs. Resistencia a la compresión.....	48
Gráfico N° 15: Relación A/C vs. F'r	49
Gráfico N° 16: Relación A/C vs. F'r (%).....	50
Gráfico N° 17: Relación A/C vs. E	51
Gráfico N° 18: Relación A/C vs. E (%).....	51
Gráfico N° 19: Tiempo vs. Expansión (mm).....	52
Gráfico N° 20: Relación Tiempo vs. Expansión (%)	53
Gráfico N° 21: Relación A/C vs. Costo	54
Gráfico N° 22: Relación A/C vs. Costo (%)	54

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

- A: Arena
- Ag: Agua
- A/C: Agua/Cemento
- ACI: American Concrete Institute
- C: Cemento
- CA: Concreto con aditivo
- CH: Contenido de Humedad
- CP: Concreto Patrón
- Lp: Longitud de la probeta
- M: Muestra
- MF: Módulo de Finura
- NTP: Norma Técnica Peruana
- P: Piedra
- PE: Peso Específico
- PU: Peso Unitario
- PUC: Peso Unitario Compactado
- PUS: Peso Unitario Suelto
- P/A: Piedra/Arena
- TM: Tamaño Máximo
- TMN: Tamaño Máximo Nominal

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Hasta el momento se han visto proyectos de investigación que han estudiado las patologías que tiene el concreto en su proceso de endurecimiento, como son la exudación y la contracción del mismo. Donde se evidencia la contracción del concreto es en vaciados masivos o en vaciados de superficies amplias, cuando se forman fisuras, e incluso grietas; también se evidencian cuando se hacen resanes o reforzamientos de estructuras de concreto armado o concreto simple, en donde se forman juntas frías justo en la frontera del concreto viejo con el concreto nuevo, debido a la contracción del concreto nuevo, lo cual hace que no cumpla a cabalidad su función.

1.2 PROBLEMÁTICA

Debido a la contracción del concreto, los vaciados masivos o en superficies amplias hacen que se genere fisuras e incluso grietas; también hay evidencias de contracción cuando se resanan o refuerzan estructuras, al generarse juntas frías, haciendo que el concreto no cumpla sus objetivos. Es por ende, que la contracción es el problema al que se quiere dar solución.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Solucionar los problemas generados por la contracción del concreto, para que así cumpla sus funciones de la mejor manera.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Contrarrestar la contracción del concreto con el uso del aditivo expansivo.
- Buscar nuevas alternativas a bajo costo, o que el beneficio sea mayor al costo para tener un concreto que no se contraiga y que cumpla con su función de diseño.

1.4 HIPÓTESIS

Con el uso del aditivo expansivo y un análisis cuantitativo y cualitativo, se busca contrarrestar la contracción del concreto hasta que el cambio volumétrico sea nulo.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

Diferentes son los factores que hacen que el concreto se contraiga o reduzca su volumen, lo cual genera diferentes problemas, como fisuración o agrietamiento del mismo. A la vez, cuando ello ocurre, el concreto tiene baja adherencia a la armadura metálica, haciendo que el concreto armado tenga menor resistencia de lo que debería. También se presencia poca adherencia entre el concreto nuevo y el concreto viejo, cuando se quiere resanar estructuras existentes.

Las fisuras pueden aparecer en diferentes etapas de vida del concreto, ya sea en el concreto fresco, como en el concreto endurecido.

FISURAS EN EL CONCRETO FRESCO

- Por reducción hidráulica durante el fraguado (contracción por exudación).
- Causado por exceso de vibración.
- Por segregación del concreto.
- Debido al poco recubrimiento y excesivos diámetros del acero.
- Cambios en las consistencias en vaciados continuos.

FISURAS EN EL CONCRETO ENDURECIDO

- Por retracción hidráulica (contracción por secado).
- Contracción por carbonatación.
- Retracción térmica.
- Dilatación térmica.
- Oxidación del acero de refuerzo.
- Exceso de agentes expansivos en el cemento.
- Reacción álcalis-agregado.
- Fisuras producidas por cargas que originan esfuerzos (Compresión, tracción, flexión, cortante, torsión).

Para contrarrestar el problema de la contracción del concreto en estado fresco y endurecido, se ha de utilizar el aditivo expansivo. De esa manera el concreto ocupará el volumen del recipiente (encofrado) que lo contiene, en estado

fresco, sin que se contraiga, y en estado endurecido absorberá los esfuerzos de gradiente térmico debido al aire que incorpora.

Los aditivos expansivos tienen entre sus componentes jabones y sales que actúan como defloculantes e incorporadores de aire. Lo cual le da trabajabilidad y la expansión deseada, que varía entre el 0% al 1% del volumen original del concreto. A la vez, el incorporador de aire, hace que disminuya la resistencia (compresión, tracción) debido a que genera vacíos dentro de la estructura del concreto.

La proporción de uso varía de un proveedor a otro y de acuerdo a lo que se piensa fabricar, ya sea lechada, mortero o concreto. Para nuestro caso, la **Fabricación de Concreto con Aditivo Expansivo** usamos el aditivo expansivo **IntraPlast® PE** de **Aditivos Sika®**. Lo cual el proveedor **Sika®** nos sugiere trabajar en la proporción del 2% del peso del cemento.

CAPÍTULO III: MATERIALES

La materia prima para la fabricación del Concreto son: Cemento, agua, agregados (grueso y fino) y en algunos casos, como es el nuestro, aditivos. Para nuestro caso usaremos aditivo expansivo, específicamente el aditivo expansivo **IntraPlast® PE** de **Aditivos Sika®**. Para una adecuada fabricación del concreto, independiente a la dosificación, se ha normalizado la calidad de los materiales, para mantener la calidad del concreto a fabricar. Ello se especifica en lo siguiente:

3.1 AGREGADOS

Se entiende como agregado al material granular inerte que conforman el concreto, representando las tres cuartas (3/4) partes del volumen total del mismo.

Lo que normalmente conocemos en el campo como agregados son la piedra y la arena, debiendo tener estas ciertas características para dar la calidad requerida al concreto. Estos deben dar trabajabilidad, resistencia y durabilidad al concreto, debiendo acomodarse de tal forma en que se ocupe la mayor cantidad de vacíos posibles en la mezcla.

Los agregados fino y grueso provienen de las canteras Jicamarca y Gloria, respectivamente. Sus características están normadas por la NTP 400.037, pero no cumplen en granulometría, ya que ambos están fuera de los husos correspondientes a las curvas granulométricas.

3.1.1 Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas de los agregados nos permiten predecir el comportamiento del concreto en su estado fresco y endurecido. Ya que estas propiedades se transmiten al concreto. La metodología para determinarlas está normalizadas. Para ello se han tomado tres (03) muestras de diferentes lugares del espacio muestral (tolva), las cuales se han identificado como: M1, M2 y M3.

- **Peso Unitario (NTP 400.017)**

Se define como Peso Unitario, al peso que ocupa el agregado una unidad de volumen del recipiente que lo contiene. Se deben determinar dos tipos de Pesos Unitarios: Peso Unitario Seco (PUS) y el Peso Unitario Compactado (PUC).

$$PUS = \frac{PESO\ DEL\ AGREGADO\ SUELTO}{VOLUMEN\ DEL\ RECIPIENTE}$$

$$PUC = \frac{PESO\ DEL\ AGREGADO\ COMPACTADO}{VOLUMEN\ DEL\ RECIPIENTE}$$

Cuadro N° 1: Determinación del PUS y PUC del Agregado Fino

AGREGADO FINO	M-1	M-2	M3	unidades
Peso de la tara	1.5772			kg
Vol (1/10 pie3)	0.00283			m3
Peso del mat. + tara sin compactar	6.0952	6.1184	6.1431	kg
Peso del Mat. Suelto	4.518	4.5412	4.5659	kg
Peso del mat. + tara compactado	6.5475	6.5457	6.5479	kg
Peso de mat. Compactado	4.9703	4.9685	4.9707	kg
Peso Unitario Suelto (PUS)	1604.84			Kg/m3
Peso Unitario Compactado (PUC)	1756.12			Kg/m3

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2: Determinación del PUS y PUC del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO	M-1	M-2	M3	unidades
Peso de la tara	4.7			kg
Vol (1/3 pie3)	0.00943895			m3
Peso del mat. + tara sin compactar	17.66	17.91	17.75	kg
Peso del Mat. Suelto	12.96	13.21	13.05	kg
Peso del mat. + tara compactado	19.41	19.42	19.44	kg
Peso de mat. Compactado	14.71	14.72	14.74	kg
Peso Unitario Suelto (PUS)	1385.04			Kg/m3
Peso Unitario Compactado (PUC)	1559.85			Kg/m3

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso Específico (NTP 400.022)**

Cuando requerimos tener rango en el peso del concreto, el valor del Peso Específico cobra relevancia. Se define el Peso Específico, como la relación del peso neto que tienen las partículas del agregado con relación al volumen que ocupa cada una de las mismas.

- **Absorción (NTP 400.022)**

Es la capacidad de los agregados por atrapar agua en sus poros hasta su estado de Saturado Superficialmente Seco (SSS). El fenómeno de capilaridad del agregado por absorber agua es relevante para el diseño y la dosificación del concreto, porque si es que el agregado no está saturado en su condición de campo, quitará agua al concreto, por lo contrario; si el agregado está saturado aumentará el asentamiento del concreto, incluso produciría segregación del mismo.

Cuadro N° 3: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

AGREGADO FINO			
	M1	M2	M3
Asss:	500	500	500
Peso Fiola:	141	141	141
Asss + F + H2O:	947.4	950	951.5
Peso H2O:	306.4	309	310.5
Peso Tara:	213.3	225.1	136.6
Tara + As:	710.4	721.4	633.3
As:	497.1	496.3	496.7
Vol Fiola:	500	500	500
PE:	2.57	2.60	2.62
PESSS:	2.58	2.62	2.64
ABS:	0.58%	0.75%	0.66%
PE (prom):	2.60		
PESSS (prom):	2.61		
ABS (prom):	0.66%		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 4: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO			
	M1	M2	M3
Psss:	4000.5	4000	4000
Psss sumergida:	2529.8	2522	2525.1
Peso Tara:	523.5	296	452.9
T + Ps:	4484.6	4253.6	4407.5
Ps:	3961.1	3957.6	3954.6
PE:	2.69	2.68	2.68
PESSS:	2.72	2.71	2.71
ABS:	0.99%	1.07%	1.15%
PE (prom):	2.68		
PESSS (prom):	2.71		
ABS (prom):	1.07%		

Fuente: Elaboración Propia

- **Contenido de Humedad (NTP 400.016)**

Es la relación entre el peso del agua retenida en el agregado y el peso del agregado seco. Esta propiedad es variable en función del tiempo y el clima. Lo ideal es proteger los agregados para que la variación sea mínima.

Cuadro N° 5: Contenido de Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO			
	M1	M2	M3
Tara (g):	201	169	174.2
T + A (hum.):	701	669	674.2
A (hum.):	500	500	500
T + A (Seca):	691.5	660.3	665.4
A (Seca):	490.5	491.3	491.2
C.H.	1.94%	1.77%	1.79%
CH. PROM:	1.83%		

Contenido de Humedad del Agregado Fino

Cuadro N° 6: Contenido de Humedad del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO			
	M1	M2	M3
Tara (g):	284.9	274	283.5
T + P (hum.):	2285.3	2275.7	2287.2
P (hum.):	2000.4	2001.7	2003.7
T + P (Seca):	2277.2	2268.2	2279.6
P (Seca):	1992.3	1994.2	1996.1
C.H.	0.41%	0.38%	0.38%
CH. PROM:	0.39%		

Contenido de Humedad del Agregado Fino

- **Granulometría (NTP 400.012)**

Es la distribución de los tamaños normalizados de los agregados. La granulometría está directamente relacionada con la trabajabilidad del concreto en su estado fresco, de acuerdo a su distribución será la solicitud de agua, e influye en cierto modo la resistencia del concreto, debido al ordenamiento de los granos de los agregados en el concreto.

Cuadro N° 7: Huso para el agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.5	100	100
N° 4	4.75	95	100
N° 8	2.36	80	100
N° 16	1.18	50	85
N° 30	0.6	25	60
N°50	0.3	10	30
N° 100	0.15	2	10

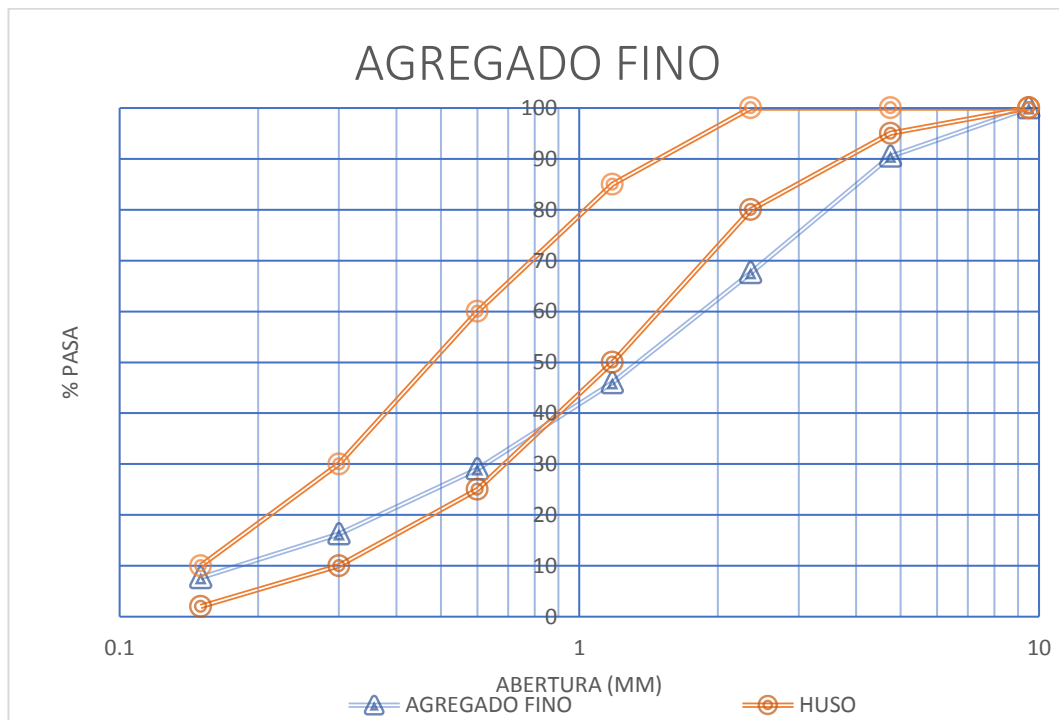
Fuente: NTP 400.037 (2014)

Cuadro N° 8: Granulometría del Agregado Fino

TAMIZ	Retenido (g)			% Retenido			PROMEDIO		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	% Ret. Promedio	% Ret. Acum.	% Pasa
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	115.93	92.00	76.50	11.59	9.20	7.66	9.49	9.49	90.51
N° 8	254.37	222.00	210.50	25.44	22.21	21.08	22.91	32.40	67.60
N° 16	221.51	214.50	212.00	22.15	21.46	21.23	21.61	54.01	45.99
N° 30	161.57	170.50	176.00	16.16	17.06	17.63	16.95	70.96	29.04
N° 50	114.71	131.00	137.50	11.47	13.11	13.77	12.78	83.74	16.26
N° 100	71.50	89.00	97.00	7.15	8.90	9.71	8.59	92.33	7.67
Fondo	60.40	80.50	89.00	6.04	8.05	8.91	7.67	100.00	0.00
TOTAL	999.99	999.50	998.50	100.00	100.00	100.00	100.00		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 1: Curva granulométrica del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 9: Límite granulométrico para el agregado

Tamaño Nominal	Requisitos granulométricos para el agregado grueso							
	% que pasa por los tamices normalizados							
	37,5mm 1 ½"	25,0mm 1"	19,0mm ¾"	12,5mm ½"	9,5mm 3/8"	4,75mm N°4	2,56mm N°8	1,25mm N°16
25mm a 12,5mm 1" a ½"	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25mm a 9,5mm 1" a 3/8"	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25mm a 4,75mm 1" a N°4"	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
25mm a 9,5mm ¾" a 3/8"	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
25mm a 9,5mm ¾" a N°4	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--

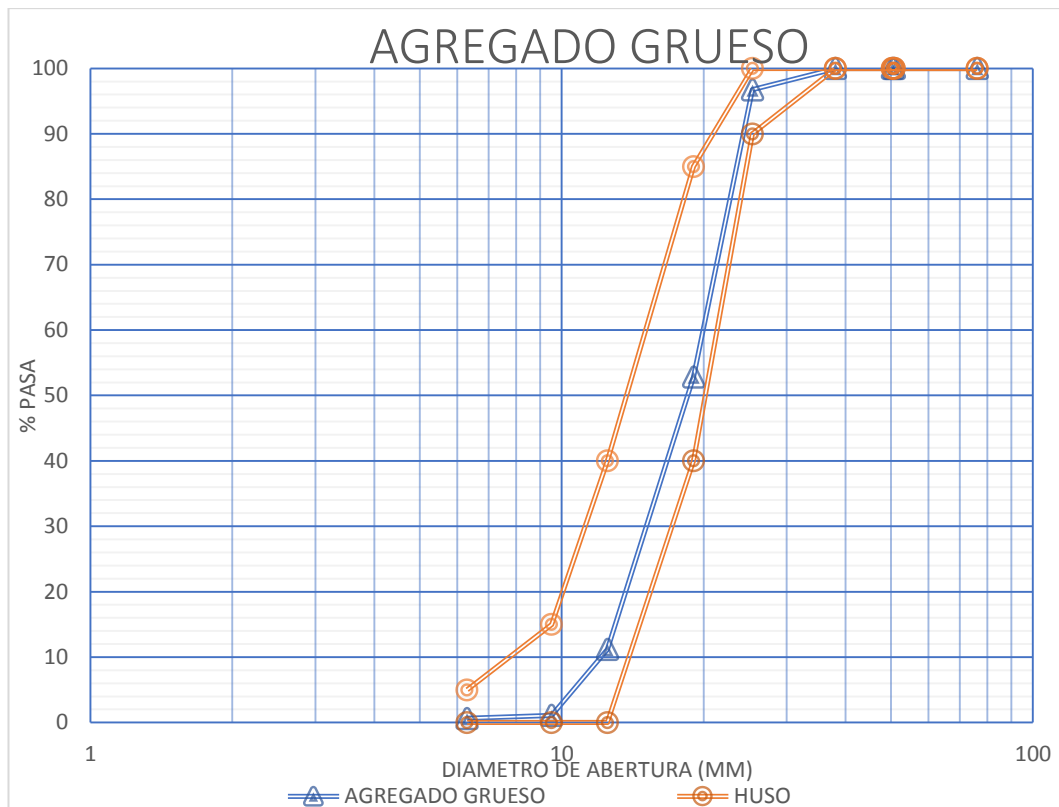
Fuente: NTP 400.037 (2014)

Cuadro N° 10: Granulometría del Agregado Grueso

TAMIZ	Retenido (kg)			% Retenido			PROMEDIO		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	% Ret. Promedio	% Ret. Acum.	% Pasa
1-1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	0.54	0.39	0.41	4.10	2.63	3.06	3.26	3.26	96.74
3/4"	5.67	7.24	5.35	43.02	48.85	39.90	43.92	47.18	52.82
1/2"	5.28	6.02	5.93	40.06	40.62	44.22	41.63	88.82	11.18
3/8"	1.45	1.08	1.6	11.00	7.29	11.93	10.07	98.89	1.11
N° 4	0.19	0	0	1.44	0.00	0.00	0.48	99.37	0.63
Fondo	0.05	0.09	0.12	0.38	0.61	0.89	0.63	100.00	0.00
TOTAL	13.18	14.82	13.41	100.00	100.00	100.00	100.00		

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 2: Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

- **Módulo de Finura (NTP 400.037)**

El módulo de finura representa el tamaño promedio ponderado de las partículas de los agregados. La importancia del Módulo de Finura radica en que condiciona la trabajabilidad del concreto en su estado fresco. Este valor está definido por la siguiente ecuación:

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

Módulo de Finura del Agregado Fino

Cuadro N° 11: Módulo de Finura del Agregado Fino

TAMIZ	% Ret. Acum.
3/8"	0.07
N° 4	9.55
N° 8	32.44
N° 16	54.04
N° 30	70.98
N° 50	83.75
N° 100	92.34
MF:	3.43

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 12: Módulo de Finura del Agregado Grueso

TAMIZ	% Ret. Acum.
3/4"	47.18
3/8"	98.89
N° 4	99.37
N° 8	100.00
N° 16	100.00
N° 30	100.00
N° 50	100.00
N° 100	100.00
MF:	7.45

Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Cuadro N° 13: Resumen de las características de los agregados

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	UND.
CANTERA	Jicamarca	Gloria	
PESO UNITARIO SUELTO	1604.84	1385.04	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1756.12	1559.85	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO	2.60	2.68	
ABSORCIÓN	0.66	1.07	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.83	0.39	%
MÓDULO DE FINURA	3.43	7.45	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	1	pulg

Fuente: Elaboración Propia

3.2 ADITIVO

Se define como aditivo a todo material que forma parte del concreto en la etapa de preparación del mismo, exceptuando los ingredientes convencionales (agregados fino y grueso, cemento y agua). El uso de los mismos es para mejorar las cualidades del concreto convencional, ya sea en su estado fresco o endurecido, o en ambos estados.

Para la presente Tesis, se ha trabajado con aditivo expansivo, específicamente el aditivo expansivo **IntraPlast® PE** de **Aditivos Sika®**. Este aditivo cuenta con las siguientes Especificaciones Técnicas, según el proveedor:

IntraPlast® PE es un aditivo en polvo, que contiene plastificantes especiales y productos expansores, que actúa sobre las mezclas como:

- Expansor
- Defloculante

Usos:

- Reparación de concreto dañado o mal fabricado (cangrejas) ya sea por mala colocación, mal vibrado o por cuestiones del encofrado.
- Concreto de relleno y en general cualquier tipo de inyección.
- Calzaduras de cimentaciones.

Ventajas:

- Impide la floculación plastificando las partículas de cemento en suspensión acuosa, logrando una mejor penetración del aglomerante en las fisuras o poros.
- Expande el material inyectado antes y durante el fraguado (1% a 3% del volumen), aumentando la adherencia y la impermeabilidad.

Densidad:

- $D = 1.40 \text{ Kg/L}$

Detalles de aplicación:

- Se utiliza 2kg de **IntraPlast® PE** por cada 100kg de cemento.

3.3 CEMENTO

Para el desarrollo de la presente Tesis, se ha utilizado en Cemento Portland Tipo I, de Cementos Sol, producto de UNACEM, que viene en presentación de Bolsa de 42.5kg, equivalente a 1 pie³. Las características físicas del cemento Portland Tipo I podemos ver en el siguiente Cuadro:

Cuadro N° 14: Características físicas del cemento Portland Tipo I

CARACTERÍSTICAS FÍSICA	TIPO I	REQ. NTP 334.002
Peso Específico	3.15	-
Fineza Malta 100 (%)	0.04	-
Fineza Malta 200 (%)	4.14	-
Superficie Específica Blaine (cm ² /gr)	3480	Mín. 2800
Contenido de Aire (%)	9.99	Máx. 12
Expansión Autoclave (%)	0.18	Máx. 0.8
Fraguado inicial Vicat (hr.min)	1.49	Mín. 0.45
Fraguado final Vicat (hr.min)	3.29	Máx. 6.15
F'c a 3d (kg/cm ²)	254	124 (12.4 Mpa)
F'c a 7d (kg/cm ²)	301	193 (19.3 Mpa)
F'c a 28d (kg/cm ²)	357	276 (27.6 Mpa)
Calor de Hidratación 7 d (cal/gr)	70.6	-
Calor de Hidratación 28d (cal/gr)	84.3	-

Fuente: Información proporcionada por el fabricante

3.4 AGUA

El agua es el componente del concreto que permite que se mezclen los componentes de manera uniforme y que haya las reacciones químicas generadoras de resistencia del concreto. El agua es el componente que le da la característica aglomerante al concreto, permitiéndole moldearse en su estado fresco hasta que se endurezca y mantenga su forma final.

La norma que regula la calidad del agua en el concreto es la NTP 339.088, señala los requisitos que debe cumplir el agua el concreto:

- El agua debe estar limpia y libre de sustancias nocivas.
- El agua debe ser potable, en lo posible.
- De no ser potable, el agua debe ser adecuada para su utilización, realizándose ensayos comparativos entre concretos patrones con agua destilada o agua potable y el agua no potable.
- Entre las aguas que están prohibidas para su uso para la fabricación de concreto son:
 - ✓ Aguas ácidas.
 - ✓ Aguas calcáreas, sulfatadas, minerales o naturales.
 - ✓ Aguas provenientes de minas y relaves.
 - ✓ Aguas con contenidos industriales.
 - ✓ Aguas con contenido de materia orgánica.
 - ✓ Aguas azucaradas o con derivados de las mismas.

CAPÍTULO IV: DISEÑO Y DOSIFICACIÓN**4.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN**

Se ha diseñado el Concreto Patrón en función a la Máxima Compacidad del Agregado Global, por ende se han pesado diferentes proporciones de agregado grueso con agregado fino. Se ha diseñado tres (03) tipos de relaciones A/C (Agua/Cemento), manteniendo el asentamiento entre 3"-4": 0.50, 0.55, 0.55. Este diseño no tiene en su composición ningún tipo de aditivo.

4.1.1 Máxima Compacidad

De modo empírico, se busca conocer las proporciones de los agregados, para obtener un agregado global de la mayor compacidad o Peso Unitario Compactado posible. Esto se logra pesando diferentes relaciones proporcionales entre el agregado grueso respecto al agregado fino (ver Anexo A).

Cuadro N° 15: Relación P/A de máximo PUC

	MÁXIMA COMPACIDAD		V: 1/2 p3		
Volumen:	0.0141584				m3
RELACIÓN P/A:	50/50	55/45	45/55	40/60	
PESO:	26.25	26.10	26.82	26.54	kg
PUC:	1854.02	1843.43	1894.28	1874.29	kg/m3

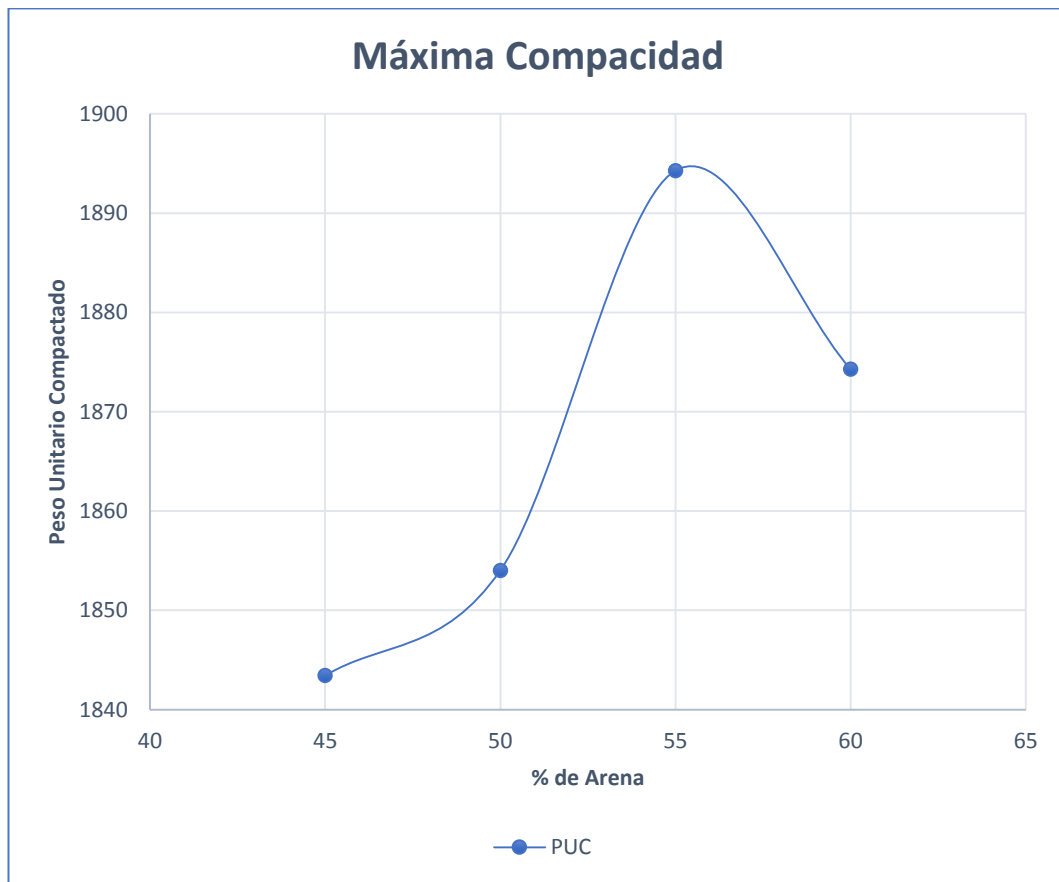
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 16: Porcentaje de Arena vs. PUC

% A Fino	PUC
45	1843.43
50	1854.02
55	1894.28
60	1874.29

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 3: PUC de la combinación de agregados



Fuente: Elaboración Propia

De la curva elaborada a partir del cuadro de % de Arena Vs. PUC del Agregado Global, obtenemos la ecuación de la línea de tendencia. De la ecuación de la línea de tendencia obtenemos el Máximo Peso Unitario Compactado $PUC=1,896.05\text{kg/m}^3$ para un porcentaje de arena $A=56.63\%$

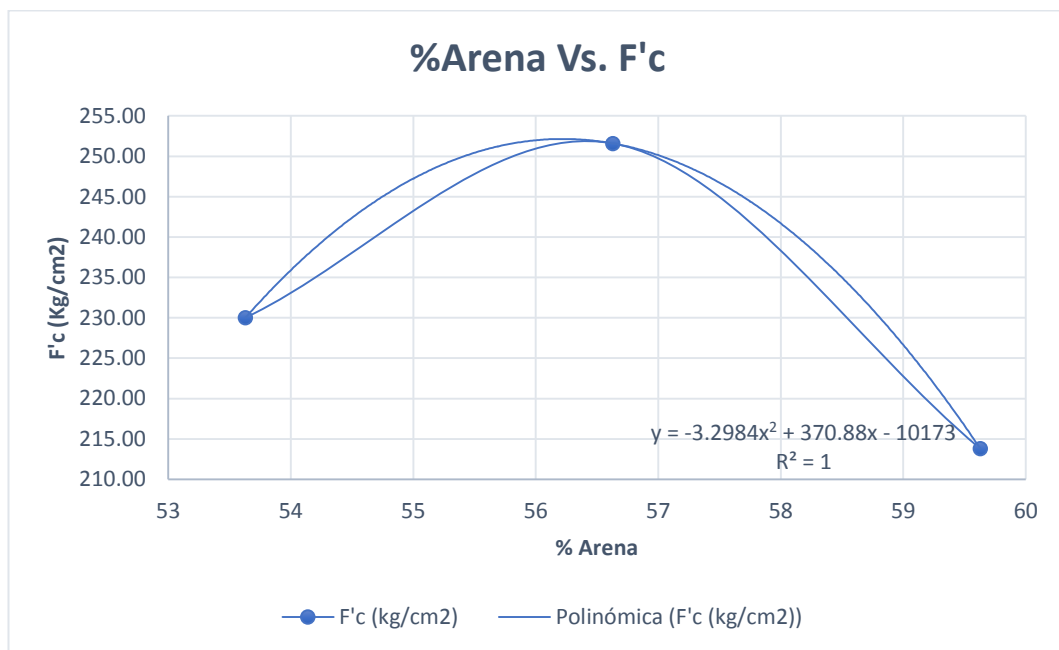
Para garantizar que la máxima compacidad tendrá relación directa con la resistencia del concreto, se ha tomado la proporción del Máximo PUC $\pm 3\%$: $A=53.63\%$; $A=56.63\%$; $A=59.63\%$. De estas proporciones se han hecho probetas con una relación $A/C=.55$ y se ensayaron a los 7 días. De ello se han obtenido los siguientes resultados:

Cuadro N° 17: %Arena vs. F'c

%Arena	F'c (kg/cm ²)
53.63	230.02
56.63	251.59
59.63	213.79

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 4: Máxima resistencia respecto al % de Arena



Fuente: Elaboración Propia

De la ecuación de la curva, obtenemos que la máxima resistencia se obtendría cuando el porcentaje de arena $A=56.22\%$

4.1.2 Metodología del diseño

El diseño se ha realizado de acuerdo a la Metodología del ACI, exceptuando las proporciones de los agregados. El diseño se ha basado en lo siguiente:

- a) Elección de la relación A/C. Para la presente tesis se han utilizado tres (03) relaciones A/C: 0.50; 0.55 y 0.60.

- b) Elección del asentamiento: El asentamiento Patrón está en el rango de 3"-4".
- c) Estimación del aire atrapado: De acuerdo a la tabla de dosificación del ACI, para un tamaño Máximo Nominal de 1" el aire atrapado es de 1.5%.
- d) Cálculo del contenido de agua por metro cúbico (m³) de concreto: La cantidad del agua varía ajustando al asentamiento requerido del concreto.
- e) Cálculo de la cantidad de cemento por metro cúbico (m³) de concreto: Se obtiene de la relación A/C y la cantidad de agua estimada.
- f) Estimación de cantidad de agregados: Es la diferencia del volumen que ocupan el agua, el cemento y el aire atrapado, por metro cúbico (m³) de concreto. Como la diferencia volumétrica lo que ocupa el agregado global, a esa cantidad se parte de manera proporcional a lo obtenido con el ensayo de Máxima Compacidad o Máximo Peso Unitario Compactado del Agregado Global.
- g) Corrección por humedad de los agregados: Se balancea el Contenido de Humedad con la Absorción de los agregados para corregir la cantidad de agua a adicionar en el diseño de mezcla.

Cuadro N° 18: Resumen de diseño de Concreto Patrón

CONCRETO PATRÓN	A/C	AGUA (Kg)	CEMENTO (Kg)	AG. FINO (Kg)	AG. GRUESO (Kg)
CP1	0.50	281.55	600.00	764.61	572.48
CP2	0.55	291.49	563.64	767.18	574.41
CP3	0.60	264.49	475.00	850.06	636.46

Fuente: Elaboración propia

4.2 DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO EXPANSIVO

Se ha diseñado el Concreto con aditivo expansivo **IntraPlast® PE de Aditivos Sika®**. No se ha modificado la dosificación de los otros materiales del Concreto Patrón, sino que se ha añadido el aditivo de manera directamente proporcional al contenido de cemento, siendo, de acuerdo a los que especifica el proveedor, el 2% del peso del Cemento por m³ (ver Anexo A).

Cuadro N° 19: Resumen de diseño del Concreto con Aditivo Expansivo

CONCRETO ADITIVO	A/C	AGUA (Kg)	CEMENTO (Kg)	AG. FINO (Kg)	AG. GRUESO (Kg)	AD. EXPAN. (Kg)
CA1	0.50	281.26	599.38	763.82	571.89	11.99
CA2	0.55	290.75	562.20	765.22	572.94	11.24
CA3	0.60	263.82	473.79	847.90	634.85	9.48

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: PROCEDIMIENTOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO**5.1 ENSAYOS EN EL CONCRETO FRESCO****5.1.1 Consistencia (NTP 339.036)**

La consistencia o asentamiento del concreto es un parámetro para medir la trabajabilidad del mismo al momento del vaciado. Dejándose compactar y ocupar la mayor cantidad de vacíos posible.

Este ensayo se realiza utilizando el llamado “Cono de Abrams”, llenándolo en tres (03) capas de un tercio de la altura del cono cada una y cada capa siendo compactada chuceándola 25 veces con la varilla de acero normalizada (24” de largo y 5/8” de diámetro, de punta roma). Los valores del asentamiento se presentan en los siguientes rangos:

- 0”-2” seco
- 3”-4” normal
- 4”-6” plástico
- 6”> superplástico

Cuadro N° 20: Consistencia del Concreto Patrón

C. PATRÓN (pulg)	
A/C	Asent.
0.50	3.75
0.55	3.50
0.60	3.25

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 21: Consistencia del Concreto Expansivo

C. ADITIVO (pulg)	
A/C	Asent.
0.50	6.25
0.55	5.75
0.60	5.25

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Fluidez (NTP 339.085)

El ensayo de fluidez del concreto determina qué tan fluido es el concreto, de esa manera se también se puede ver si es que al momento del vaciado va a ocupar o no los espacios vacíos, si es que va a necesitar o no ser vibrado o cuánto tiempo durará su vibrado. El ensayo se realiza en la mesa de fluidez, que es una mesa de bronce de 30" de diámetro. La muestra es colocada en el centro de la mesa de fluidez, contenida en un tronco de cono normalizado. La muestra de concreto es suelta junto a la mesa, cayendo 1/2", 15 veces, a razón de 1 vez por segundo. Cada golpe de precipitación genera el asentamiento de la muestra, tomándose el diámetro final, después de los 15 golpes (ver Anexo B).

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

Cuadro N° 22: Fluidez del Concreto Patrón

C. PATRÓN (%)	
A/C	Fluidez
0.50	91.50
0.55	78.00
0.60	83.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23: Fluidez del Concreto Expansivo

C. ADITIVO (%)	
A/C	Fluidez
0.50	106.20
0.55	103.70
0.60	92.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Peso Unitario (NTP 339.045)

El Peso Unitario del concreto es el peso del concreto por unidad de volumen ocupado. El ensayo se realiza vaciando el concreto en un recipiente normalizado con peso y volumen conocido, para nuestro caso un balde de 1/3ft³,

en tres capas y chucéandolo con la varilla normalizada de 25 golpes por capa y pesarla.

De acuerdo al Peso Unitario, los concretos se definen como:

- Concretos Livianos: Sus Peso Unitario varían entre 400 – 1700 kg/m³.
- Concretos Normales: Sus Peso Unitario varían entre 1700 – 2500 kg/m³.
- Concretos pesados: Sus Peso Unitario es mayor de 2500 kg/m³.

Cuadro N° 24: PUC del Concreto Patrón

C. PATRÓN (Kg/m ³)	
A/C	P.U.
0.50	2245.76
0.55	2219.28
0.60	2257.42

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: PUC del Concreto Expansivo

C. ADITIVO (Kg/m ³)	
A/C	P.U.
0.50	2188.48
0.55	2140.88
0.60	2192.71

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Contenido de aire (NTP 339.088)

El Contenido de aire está inversamente relacionado con la densidad del concreto y con la resistencia del mismo. Altas cantidades de aire atrapado en el concreto son perjudiciales porque disminuyen su resistencia, por ende debe controlarse. Por ende las partículas finas del cemento deben ocupar la mayor cantidad de vacíos. Pero tener un concreto sin muchos vacíos en su interior lo vuelve muy rígido, entonces el concreto ante cambios de temperatura no puede amortiguar dichos cambios, lo cual lo conlleva a agrietarse y por ende a durar menos (ver Anexo B).

Para calcular el contenido de aire utilizaremos el método gravimétrico, que relaciona el volumen teórico de los componentes del concreto, con el volumen real del mismo. Está dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Aire} = \frac{(Y - V)}{Y} \times 100\%$$

$$Y = \frac{M}{PU}$$

$$V = \sum \frac{m_i}{Pe}$$

Donde:

- Y: Volumen del concreto producido
- V: Volumen absoluto
- M: Masa de los materiales del lote de concreto
- PU: Peso Unitario del concreto
- m_i : Masa de cada uno de los materiales del lote de concreto
- Pe: Peso Específico de cada uno de los materiales del concreto

Cuadro N° 26: Cont. Aire Concreto Patrón

C. PATRÓN (%)	
A/C	Aire
0.50	1.22%
0.55	1.41%
0.60	1.08%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 27: Cont. Aire Concreto Expansivo

C. ADITIVO (%)	
A/C	Aire
0.50	3.42%
0.55	2.49%
0.60	1.49%

Fuente: Elaboración propia

5.2 ENSAYOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO

5.2.1 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es el principal parámetro para conocer la calidad del concreto. Se han reventado probetas cilíndricas de 10cmx20cm a los siete (07) días y a los veintiocho (28) días, siendo lo último lo requerido según la norma. Estos especímenes desde el día de su desmolde han sido curadas bajo agua. Para los ensayos se han usado pads de neopreno para uniformizar su superficie (ver Anexo C).

Cuadro N° 28: F'c Concreto Patrón y Expansivo

7 DÍAS			28 DÍAS		
A/C	CP	CA	A/C	CP	CA
0.50	281.41	253.52	0.50	401.20	320.57
0.55	235.61	208.23	0.55	337.23	265.32
0.60	218.57	192.98	0.60	315.46	248.24

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

Es un método indirecto para medir la resistencia a la tracción. Se realiza comprimiendo a la probeta cilíndrica de concreto de 10cmx20cm en su desarrollo longitudinal y fueron ensayadas a los 28 días de edad, las mismas que fueron curadas previos a su rotura (ver Anexo C).

Cuadro N° 29: F'r Concreto Patrón

C. PATRÓN (kg/cm ²)	
A/C	F'R
0.50	25.60
0.55	21.73
0.60	19.14

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 30: F'r Concreto Expansivo

C. ADITIVO (Kg/cm2)	
A/C	F'R
0.50	21.02
0.55	18.40
0.60	16.44

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Módulo Elástico

El Módulo Elástico se ha determinado a los 28 días de edad del concreto, el ensayo se ha realizado de acuerdo a la Norma ASTM C-468 en especímenes cilíndricas de 15cmx30cm (ver Anexo C).

El cálculo del Módulo de elasticidad está dada por la siguiente relación numérica:

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad (kg/cm²).

S_2 : Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S_1 : Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ε_1 , de 50 millonésimas.

ε_2 : Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2 , en millonésimas.

Cuadro N° 31: Módulo Elástico Concreto Patrón

C. PATRÓN (Kg/cm2)	
A/C	E
0.50	169826.65
0.55	146649.47
0.60	142228.26

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 32: Módulo Elástico Concreto Expansivo

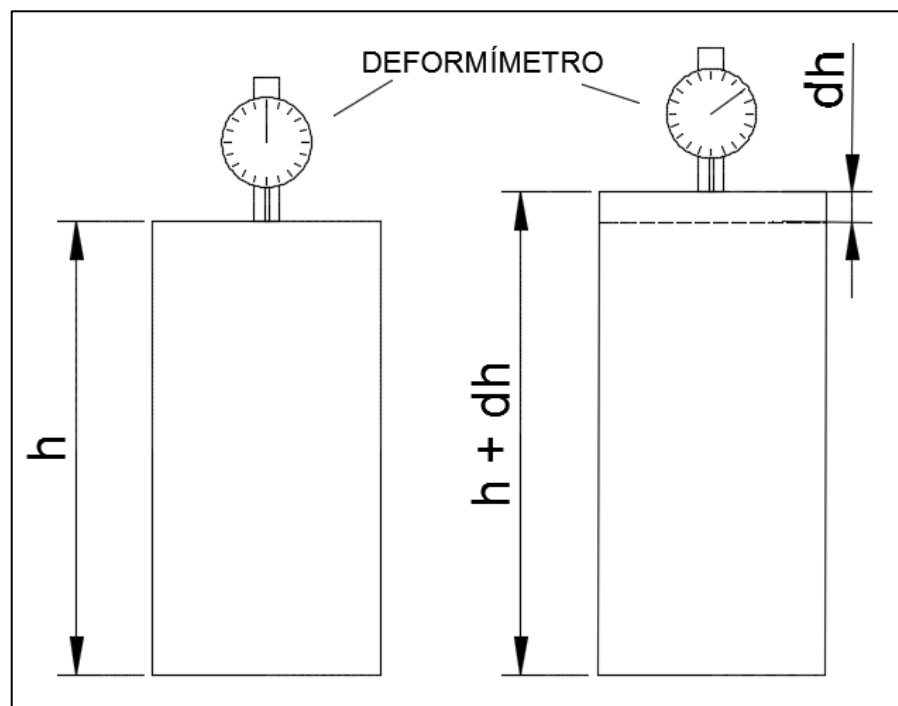
C. ADITIVO (Kg/cm ²)	
A/C	e
0.50	143969.35
0.55	132274.25
0.60	126113.48

Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Expansión

Debido a que no está normado la Expansión del concreto, sino que existen normas que se parecen a su aplicación como: ASTM C-806, ASTM C-845 y ASTM C-878. Se ha tenido que trabajar de manera empírica y medir las variaciones volumétricas en los mismos moldes de las probetas de concreto. Se han medido las longitudes de las probetas del Concreto Expansivo con un deformímetro, para determinar la variación de longitudes. Con ello se ha determinado la expansión del mismo. Considerándose “dh”, como la expansión del concreto (ver Anexo C).

Figura N° 1



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 33: Expansión del Concreto Expansivo

A/C:0.60, Lp: 290mm		A/C:0.55, Lp: 300mm		A/C:0.60, Lp: 298mm	
T (horas)	L (mm)	T (horas)	T (horas)	T (horas)	L (mm)
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
0.17	-0.076	0.17	0.17	0.17	-0.076
0.33	-0.102	0.33	0.33	0.33	-0.102
0.50	-0.076	0.50	0.50	0.50	-0.102
0.67	-0.076	0.67	0.67	0.67	-0.102
0.83	-0.076	0.83	0.83	0.83	-0.076
1.00	-0.051	1.00	1.00	1.00	-0.076
1.25	0.178	1.25	1.25	1.25	0.127
1.50	0.610	1.50	1.50	1.50	0.559
2.00	0.711	2.00	2.00	2.00	0.686
2.50	0.737	2.50	2.50	2.50	0.737
3.00	0.787	3.00	3.00	3.00	0.737
24.00	0.787	24.00	24.00	24.00	0.737

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: RELACIÓN DE CUADROS Y GRÁFICOS DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos, para un mejor análisis realizamos cuadros y gráficos, para que se visualicen mejor, de esa manera el análisis será más acertado.

6.1 CONCRETO FRESCO

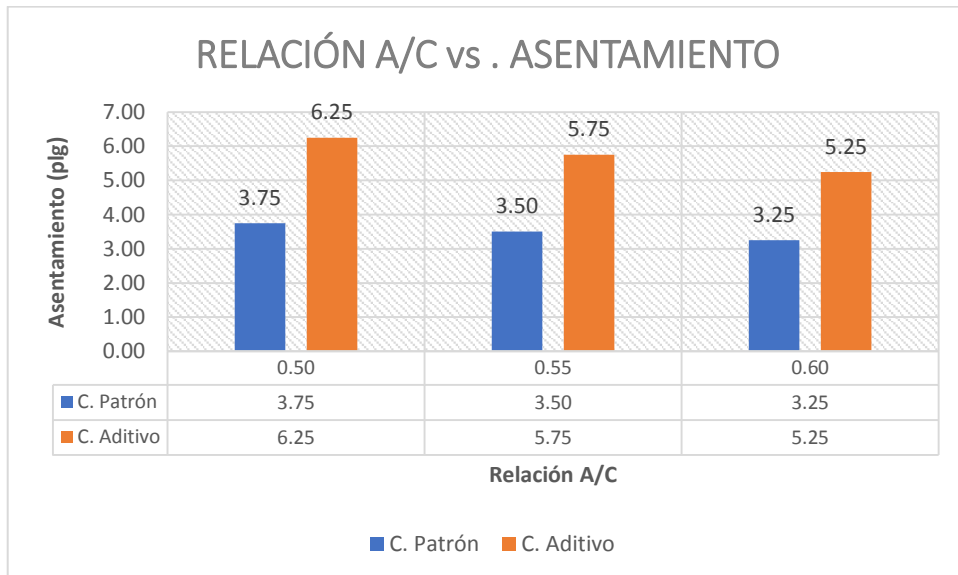
6.1.1 Consistencia

Cuadro N° 34: Consistencia del Concreto

C. PATRÓN (pulg)			C. ADITIVO (pulg)		
A/C	Asent.	%	A/C	Asent.	%
0.50	3.75	100.00%	0.50	6.25	166.67%
0.55	3.50	100.00%	0.55	5.75	164.29%
0.60	3.25	100.00%	0.60	5.25	161.54%

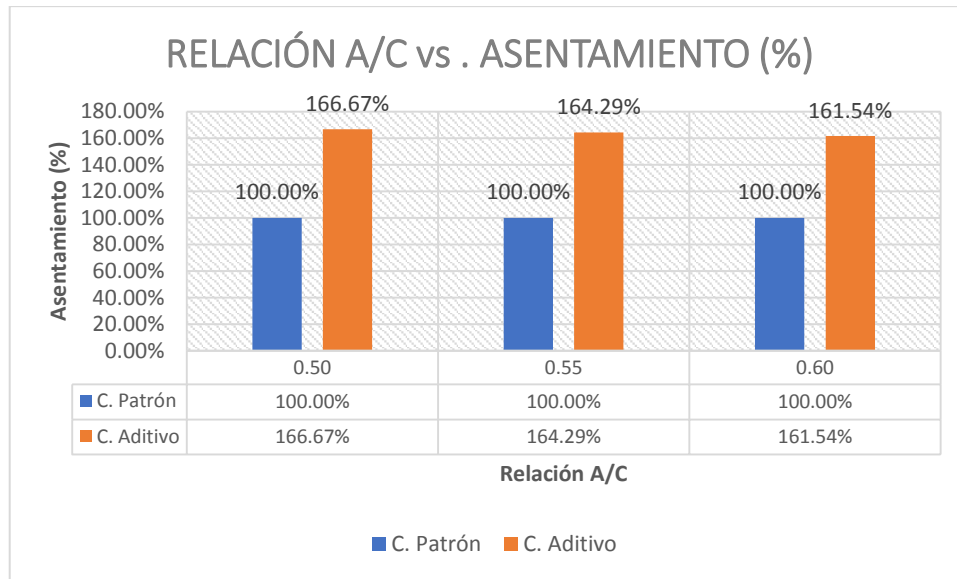
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 5: Relación A/C vs. Asentamiento



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 6: Relación A/C vs. Asentamiento (%)



Fuente: Elaboración propia

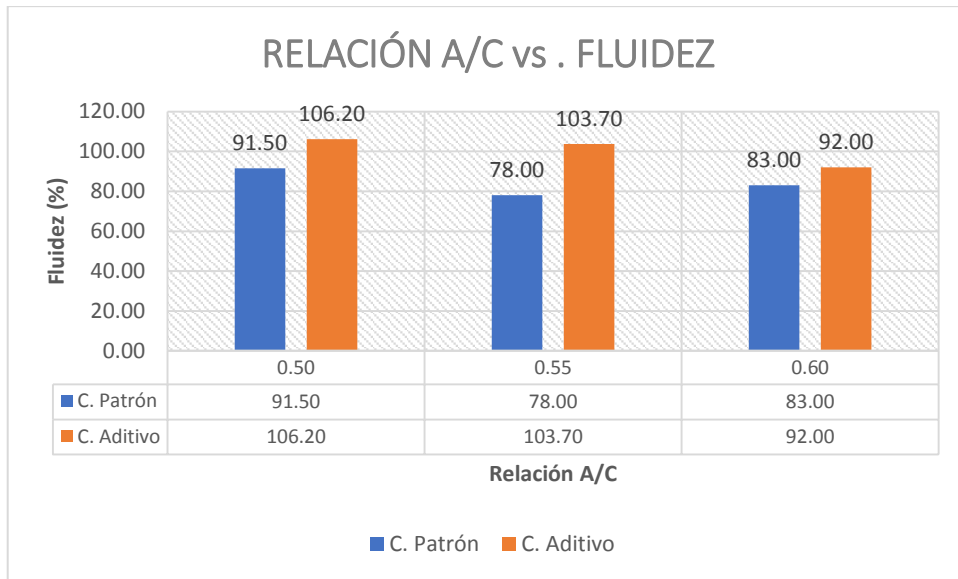
6.1.2 Fluidez

Cuadro N° 35: Fluidez del concreto

C. PATRÓN (%)			C. ADITIVO (%)		
A/C	Fluidez	%	A/C	Fluidez	%
0.50	91.50	100.00%	0.50	106.20	116.07%
0.55	78.00	100.00%	0.55	103.70	132.95%
0.60	83.00	100.00%	0.60	92.00	110.84%

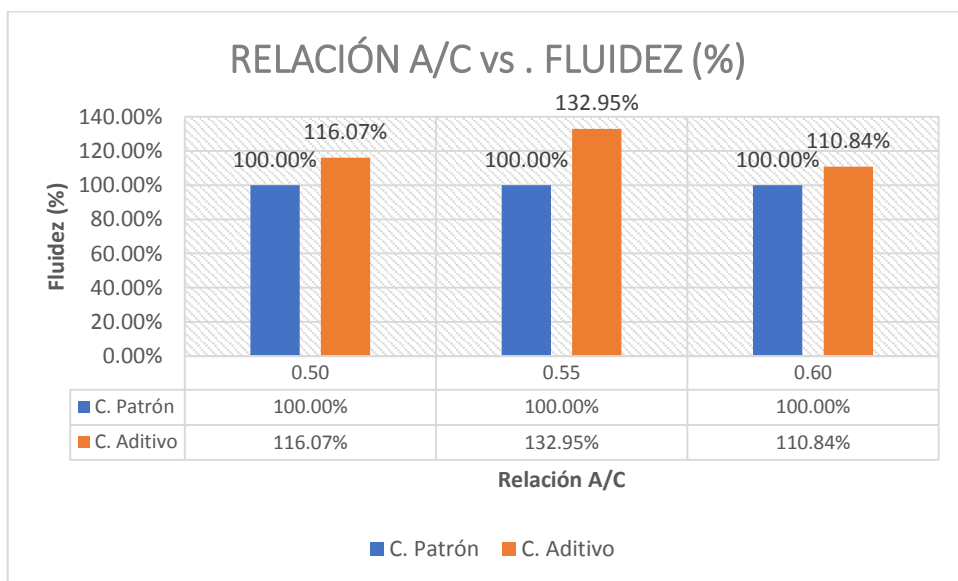
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 7: Relación A/C vs. Fluidez



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 8: Relación A/C vs. Fluidez (%)



Fuente: Elaboración propia

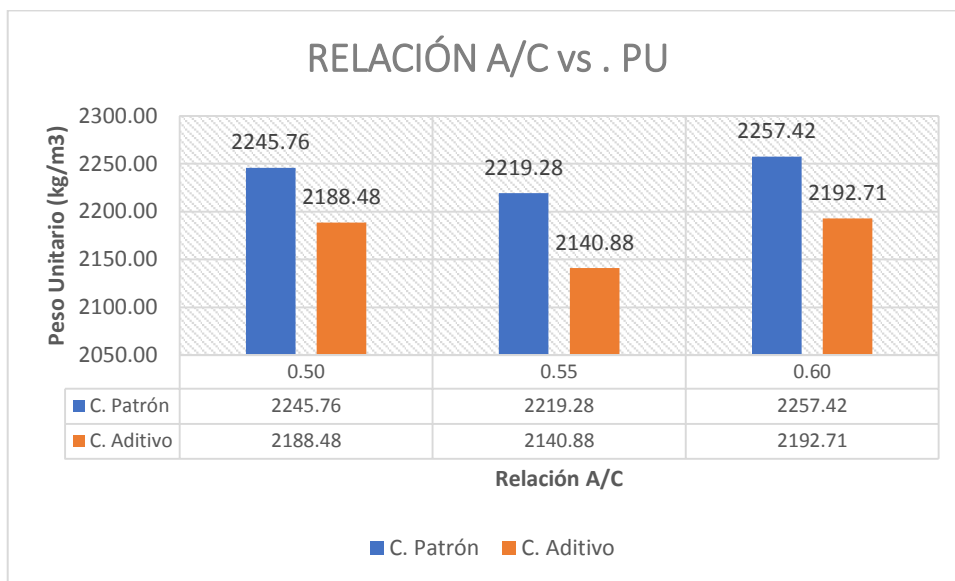
6.1.3 Peso Unitario

Cuadro N° 36: Peso Unitario del Concreto

C. PATRÓN (kg/m ³)			C. ADITIVO (kg/m ³)		
A/C	P.U.	%	A/C	P.U.	%
0.50	2245.76	100.00%	0.50	2188.48	97.45%
0.55	2219.28	100.00%	0.55	2140.88	96.47%
0.60	2257.42	100.00%	0.60	2192.71	97.13%

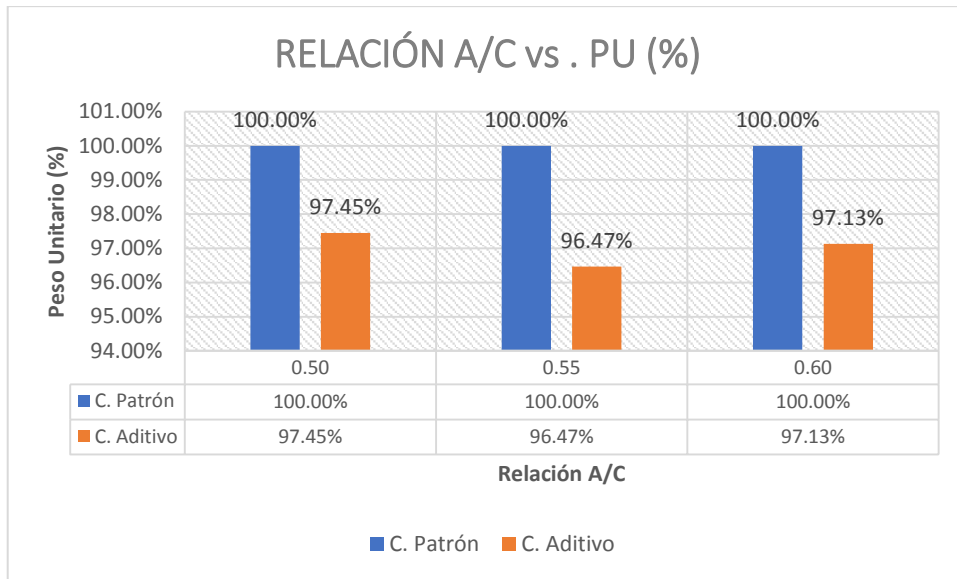
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 9: Relación A/C vs. PU



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 10: Relación A/C vs. PU (%)



Fuente: Elaboración propia

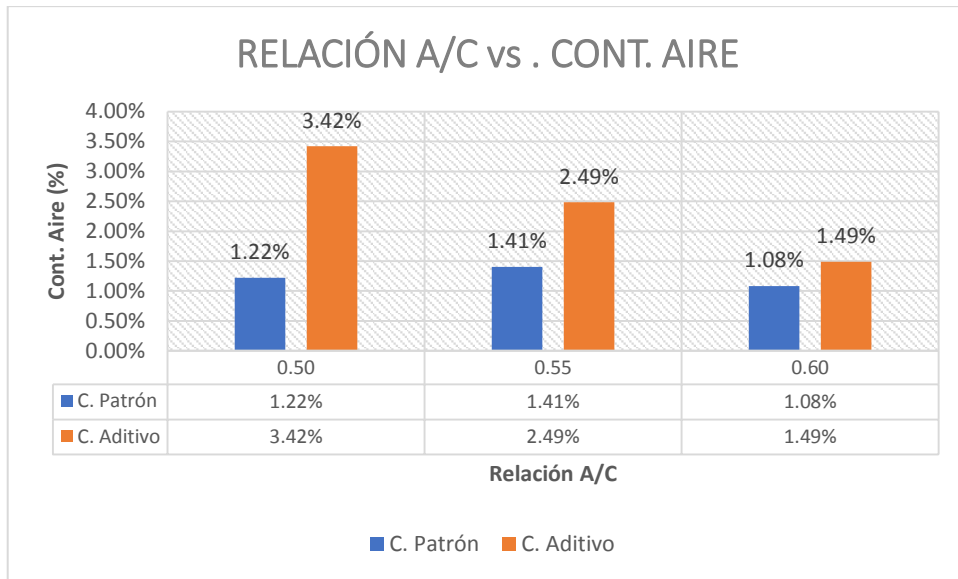
6.1.4 Contenido de aire

Cuadro N° 37: Contenido del Aire del Concreto

C. PATRÓN (%)			C. ADITIVO (%)		
A/C	Aire	%	A/C	Aire	%
0.50	1.22%	100.00%	0.50	3.42%	279.51%
0.55	1.41%	100.00%	0.55	2.49%	176.91%
0.60	1.08%	100.00%	0.60	1.49%	137.22%

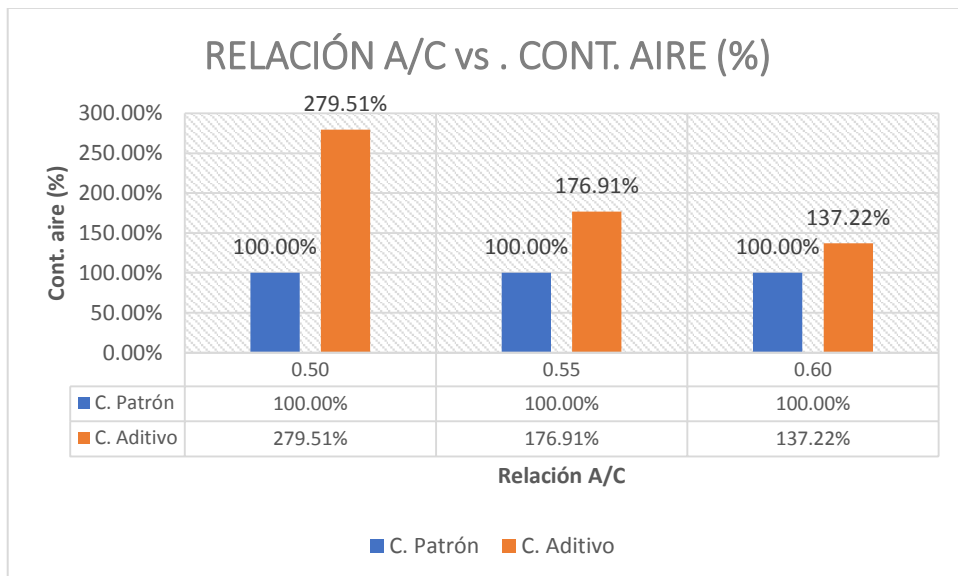
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 11: Relación A/C vs. Cont. Aire



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 12: Relación A/C vs. Cont. Aire (%)



Fuente: Elaboración propia

6.2 CONCRETO ENDURECIDO

6.2.1 Resistencia a la compresión

Cuadro N° 38: F'c del concreto a los 7 días y 28 días

RELACIÓN	7D			28D		
	CP (kg/cm ²)	CA (kg/cm ²)	%	CP (kg/cm ²)	CA (kg/cm ²)	%
0.50	281.41	253.52	90.09%	401.20	320.57	79.90%
0.55	235.61	208.23	88.38%	337.23	265.32	78.67%
0.60	218.57	192.98	88.29%	315.46	248.24	78.69%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 39: F'c del concreto patrón y expansivo

RELACIÓN	CP (Kg/cm ²)			CA (Kg/cm ²)		
	7D	28D	%	7D	28D	%
0.50	281.41	401.20	70.14%	253.52	320.57	79.08%
0.55	235.61	337.23	69.86%	208.23	265.32	78.48%
0.60	218.57	315.46	69.29%	192.98	248.24	77.74%

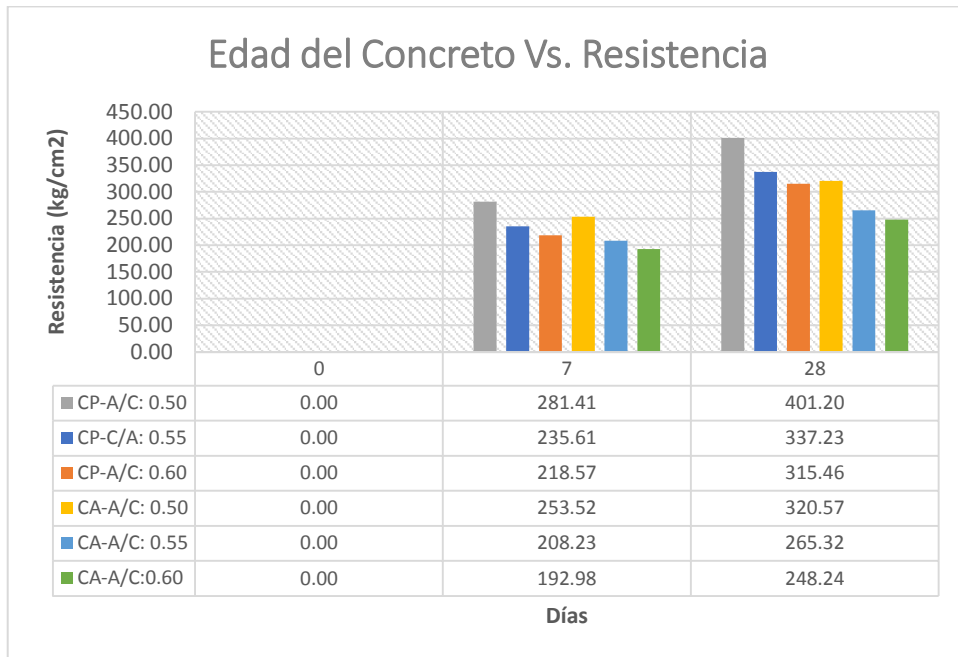
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 40: F'c del Concreto

Resistencia a la compresión F'c (Kg/cm ²)					
RELACIÓN	A/C	0.50	0.55	0.60	
CP	0	0.00	0.00	0.00	
	7	281.41	235.61	218.57	
	28	401.20	337.23	315.46	
	%	142.57%	143.13%	144.33%	
CA	0	0.00	0.00	0.00	
	7	253.52	208.23	192.98	
	28	320.57	265.32	248.24	
	%	126.45%	127.41%	128.64%	

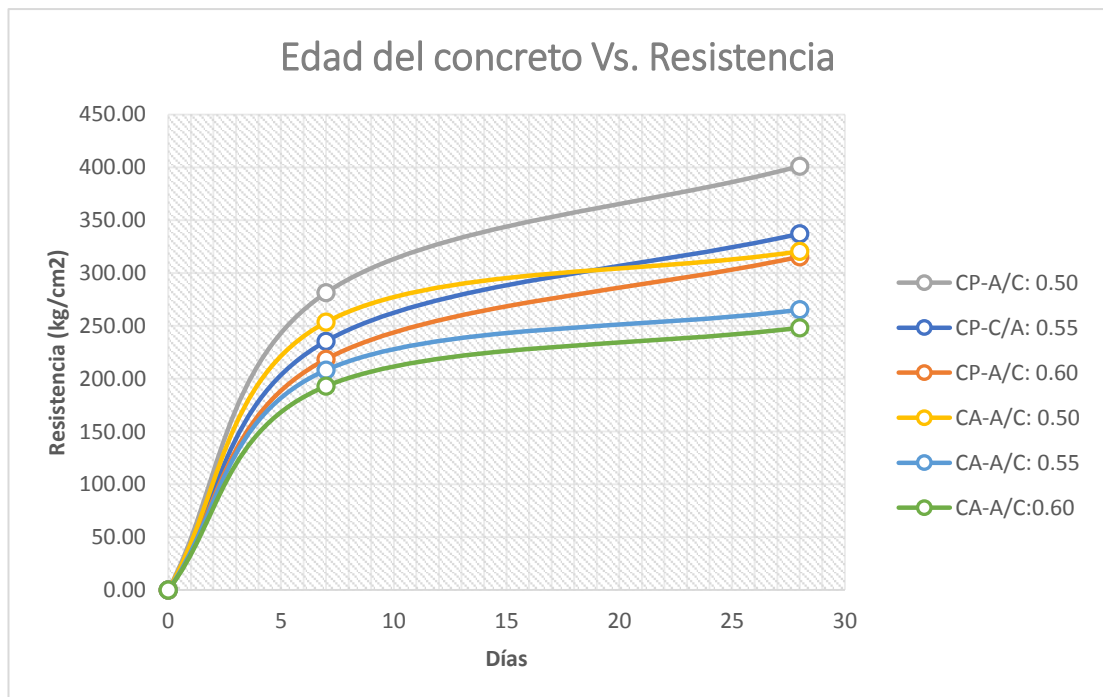
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 13: Edad del Concreto vs. F'c



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 14: Edad del concreto vs. Resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia

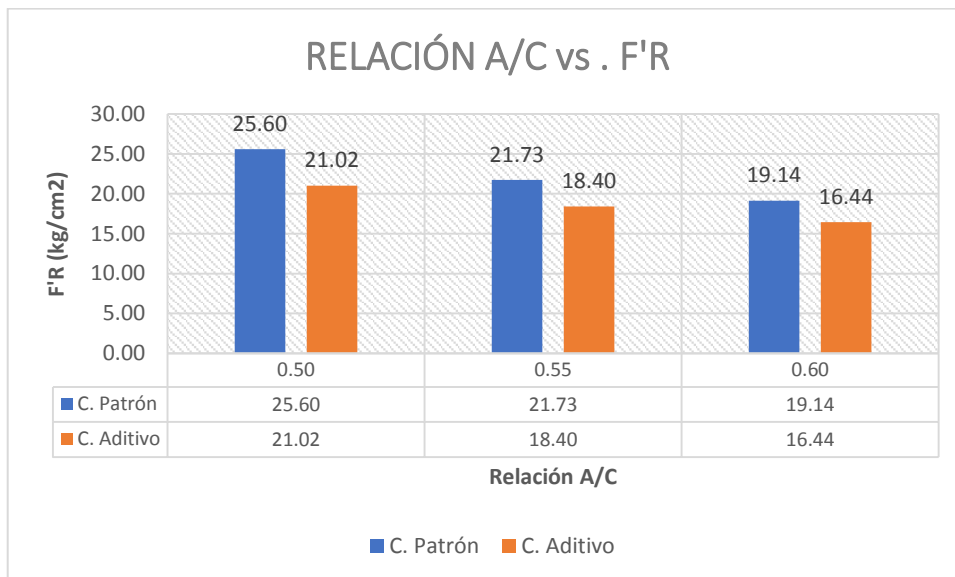
6.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

Cuadro N° 41: F'r del concreto

C. PATRÓN (Kg/cm ²)			C. ADITIVO (Kg/cm ²)		
A/C	F'R	%	A/C	F'R	%
0.50	25.60	100.00%	0.50	21.02	82.11%
0.55	21.73	100.00%	0.55	18.40	84.69%
0.60	19.14	100.00%	0.60	16.44	85.89%

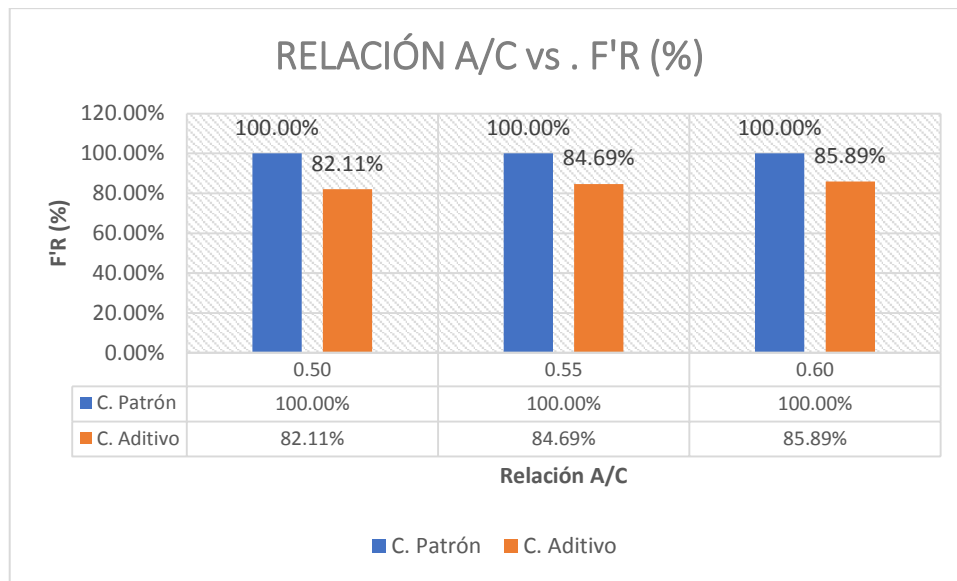
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 15: Relación A/C vs. F'r



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 16: Relación A/C vs. F'r (%)



Fuente: Elaboración propia

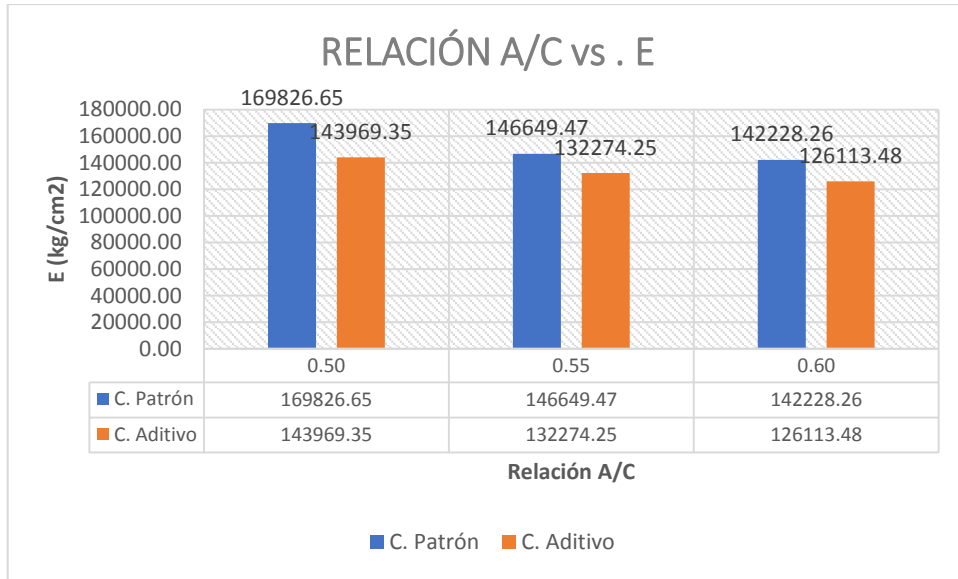
6.2.3 Módulo Elástico

Cuadro N° 42: Módulo Elástico del Concreto

C. PATRÓN (Kg/cm ²)			C. ADITIVO (Kg/cm ²)		
A/C	E	%	A/C	E	%
0.50	169826.65	100.00%	0.50	143969.35	84.77%
0.55	146649.47	100.00%	0.55	132274.25	90.20%
0.60	142228.26	100.00%	0.60	126113.48	88.67%

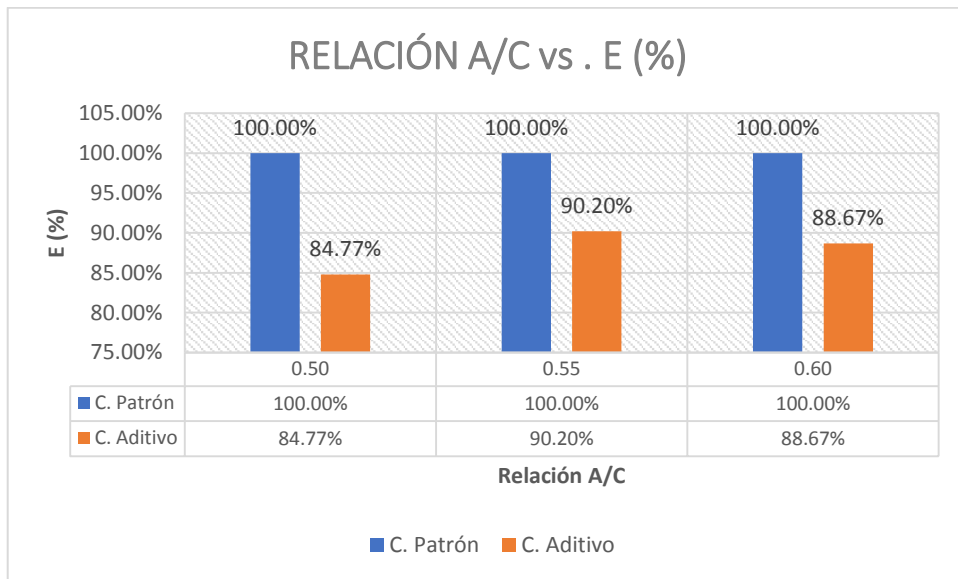
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 17: Relación A/C vs. E



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 18: Relación A/C vs. E (%)



Fuente: Elaboración propia

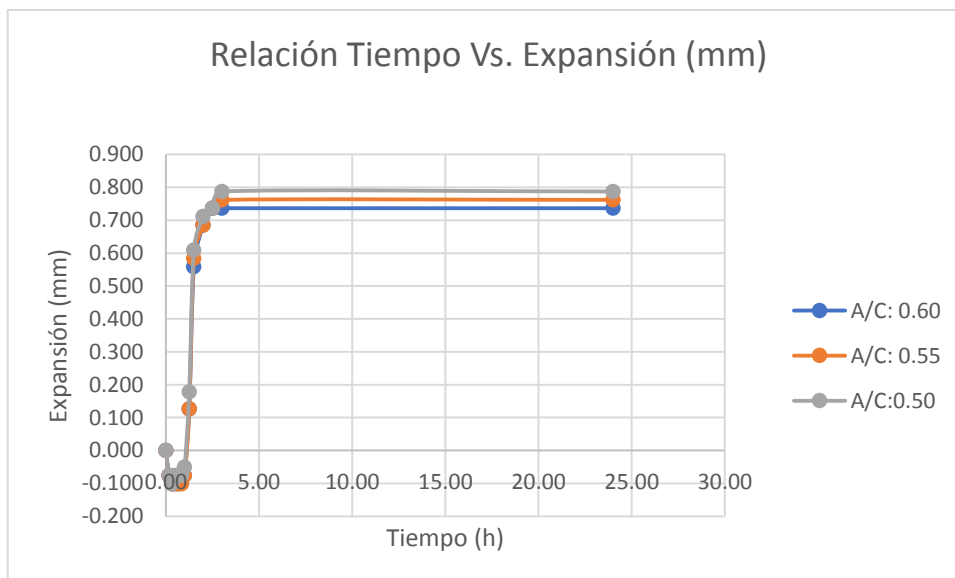
6.2.4 Expansión

Cuadro N° 43: Expansión del Concreto Expansivo

A/C:0.50, Lp: 299mm			A/C:0.55, Lp: 300mm			A/C:0.60, Lp: 298mm		
T (horas)	L (mm)	% Def.	T (horas)	L (mm)	% Def.	T (horas)	L (mm)	% Def.
0.00	0.000	0.000%	0.00	0.000	0.000%	0.00	0.000	0.000%
0.17	-0.076	-0.026%	0.17	-0.076	-0.025%	0.17	-0.076	-0.025%
0.33	-0.102	-0.034%	0.33	-0.102	-0.034%	0.33	-0.102	-0.034%
0.50	-0.076	-0.034%	0.50	-0.102	-0.034%	0.50	-0.102	-0.025%
0.67	-0.076	-0.034%	0.67	-0.102	-0.034%	0.67	-0.102	-0.025%
0.83	-0.076	-0.026%	0.83	-0.102	-0.034%	0.83	-0.076	-0.025%
1.00	-0.051	-0.026%	1.00	-0.076	-0.025%	1.00	-0.076	-0.017%
1.25	0.178	0.043%	1.25	0.127	0.042%	1.25	0.127	0.059%
1.50	0.610	0.188%	1.50	0.584	0.195%	1.50	0.559	0.204%
2.00	0.711	0.230%	2.00	0.686	0.229%	2.00	0.686	0.238%
2.50	0.737	0.247%	2.50	0.737	0.246%	2.50	0.737	0.246%
3.00	0.787	0.247%	3.00	0.762	0.254%	3.00	0.737	0.263%
24.00	0.787	0.247%	24.00	0.762	0.254%	24.00	0.737	0.263%

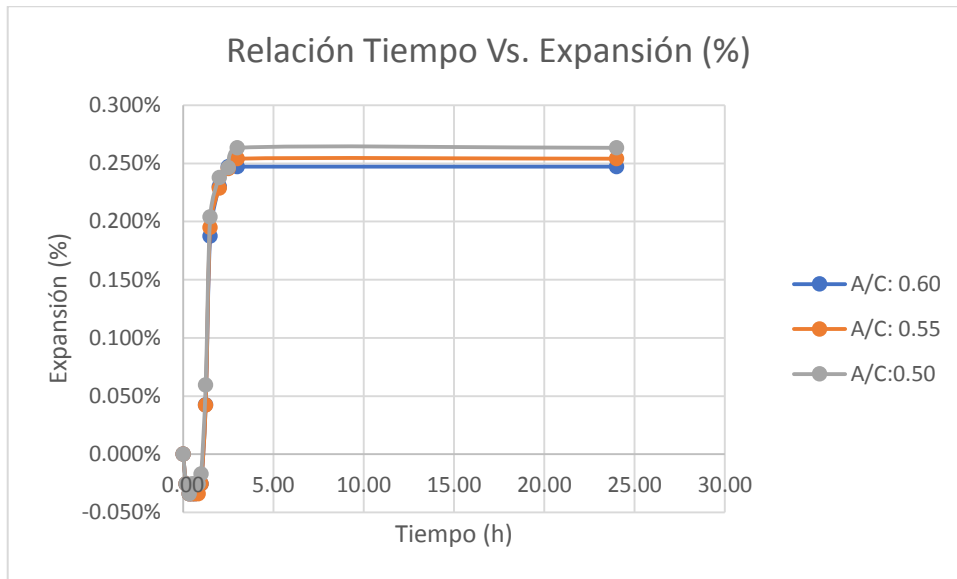
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 19: Tiempo vs. Expansión (mm)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 20: Relación Tiempo vs. Expansión (%)



Fuente: Elaboración propia

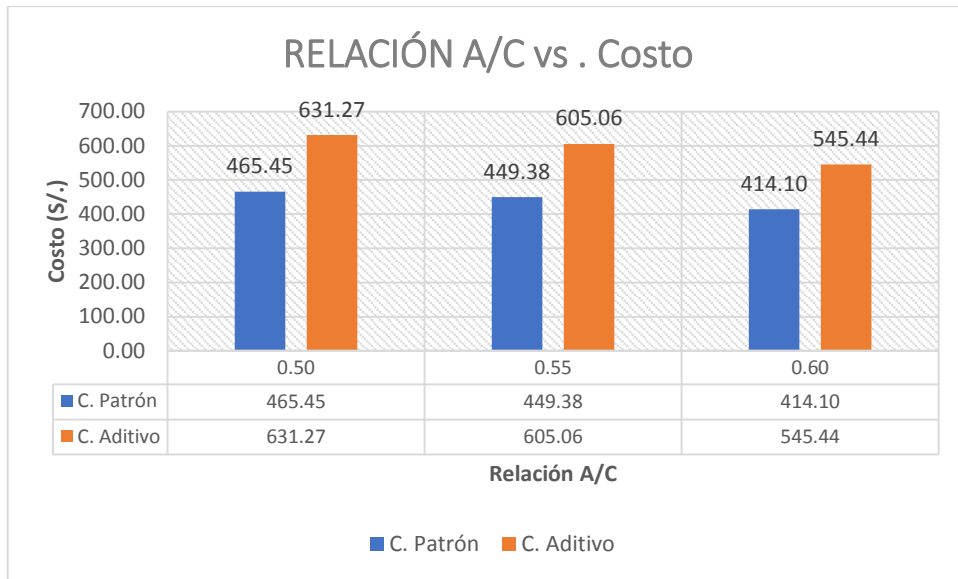
6.3 COSTOS UNITARIOS

Cuadro N° 44: Costos Unitarios del Concreto

C. PATRÓN (S/.)			C. ADITIVO (S/.)		
A/C	Costo	%	A/C	Costo	%
0.50	465.45	100.00%	0.50	631.27	135.63%
0.55	449.38	100.00%	0.55	605.06	134.64%
0.60	414.10	100.00%	0.60	545.44	131.72%

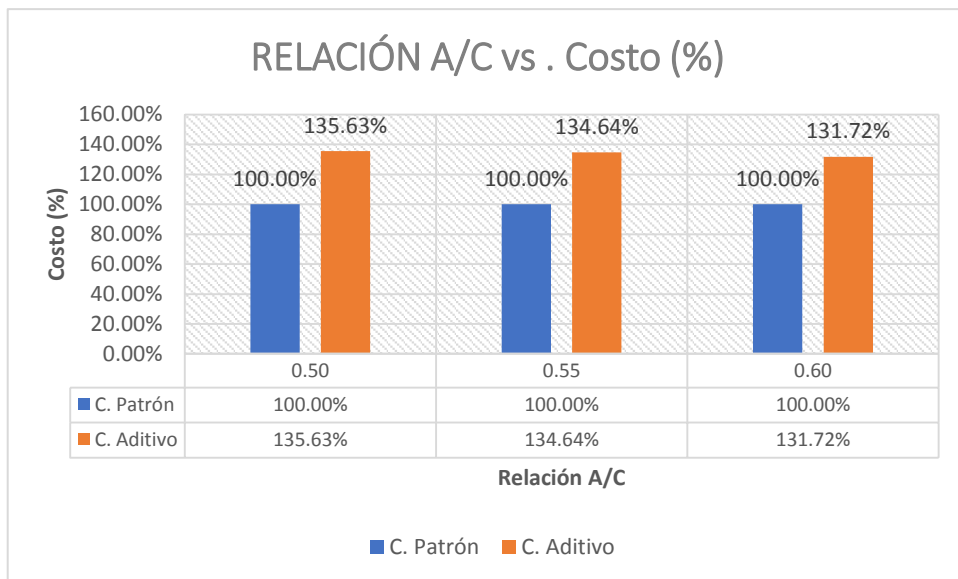
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 21: Relación A/C vs. Costo



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 22: Relación A/C vs. Costo (%)



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos y de los cuadros y gráficos realizados, procedemos a analizar los mismos para observar el comportamiento del concreto en su estado fresco y endurecido.

7.1 CONCRETO FRESCO

El análisis en el concreto fresco tiene relevancia debido a que las propiedades en este estado ayudan o dificultan en el colado del mismo. Por ende la importancia de analizar sus resultados.

7.1.1 Consistencia

El asentamiento promedio ha estado en el rango de 3"-4", de acuerdo a la relación A/C, el Concreto Patrón ha tenido los siguientes asentamientos: 3.75"; 3.50" y 3.25", para 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente. Para cada relación a/c, debido a que el aditivo es un defloculante, el concreto ha aumentado su trabajabilidad, modificando su asentamiento a 6.25"; 5.75" y 5.25", para cada relación a/c, respectivamente. Pasando de ser un concreto de consistencia normal a un concreto de consistencia plástica y superplástica.

En las pruebas de cono de Abrams se ha visto que de manera porcentual, para cada relación A/C ha habido un aumento del asentamiento de 66.67%; 64.29% y 61.54%, para las relaciones 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente. Viéndose que debido a menor relación A/C el concreto tendrá más contenido de cemento por metro cúbico, por ende tendrá mayor cantidad de aditivo, lo cual hace que el concreto sea más trabajable. De ese modo su colado será más fácil y cubrirá mejor los vacíos.

7.1.2 Fluidéz

La fluidéz del concreto se ve afectada por el uso del aditivo, siendo más fluida mientras respecto al Concreto Patrón. Para cada relación A/C del concreto, la fluidéz ha variado de: 91.50% a 106.20%; de 78.00% a 103.70% y de 83.00% a 92.00%, para relaciones de A/C 0.50; .55 y 0.55, respectivamente.

Respecto al Concreto Patrón, la Fluidéz del concreto con aditivo ha variado en 16.07%; 32.95% y 10.84%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente. Siendo más fluidos en todos los casos, ayudando al vaciado del

mismo, incluso en zonas en donde no se pueden vibrar, el concreto se autocompactará para ocupar el mayor espacio vacío posible y posterior a ello expandirse.

7.1.3 Peso Unitario

El uso del Aditivo Expansivo ha afectado al peso unitario del concreto, haciéndole descender en cada relación A/C. Para cada una de las relaciones, el concreto ha reducido su Peso Unitario de: 2245.76 Kg/m³ a 2188.48 kg/m³; 2219.28 Kg/m³ a 2140.88 kg/m³ y 2257.42 Kg/m³ a 2192.71 kg/m³, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

De manera porcentual, el aditivo expansivo ha afectado al concreto patrón en su peso unitario en la misma medida prácticamente para cada relación A/C, pasando en cada uno de 100% a 97.45%; 96.47% y 97.13% para las relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

7.1.4 Contenido de aire

El contenido de aire ha aumentado con la utilización del aditivo, respecto al concreto patrón, ello no se ha evidenciado al instante, sino después de que el concreto había endurecido. De modo porcentual, el contenido de aire ha variado de la siguiente manera: de 1.22% a 3.42%; de 1.41% a 2.49% y de 1.08% a 1.49%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

Respecto a un 100% del porcentaje de contenido de aire, el concreto ha aumentado su cantidad de aire incorporado en 179.51%; 76.91% y 37.22% para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente. Viéndose que hay una disminución en el contenido de aire al aumentar la relación A/C.

7.2 CONCRETO ENDURECIDO

Las propiedades del concreto endurecido cobran relevancia debido a que estructuralmente es el concreto endurecido lo que sostiene la estructura, no el concreto fresco. Posterior a un buen vaciado, debe garantizarse que alcance la resistencia requerida, puesto a que se ha diseñado con esas características la estructura. Las resistencias requeridas deben alcanzarse a los 28 días, pero son un buen referente los resultados a los 7 días.

7.2.1 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se ve afectada disminuyendo, con el uso del aditivo expansivo. A los siete (07) días, el concreto con aditivo reduce su resistencia de 253.52 Kg/cm² a 281.41 Kg/cm²; de 208.23 Kg/cm² a 253.61 Kg/cm² y de 192.98 Kg/cm² a 218.57 Kg/cm², porcentualmente se evidencia que el concreto disminuye su resistencia a 90.09%; 88.38% y 88.29%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

La afección es mayor a los veintiocho (28) días, el concreto con aditivo reduce su resistencia de 401.20 Kg/cm² a 320.57 Kg/cm²; de 337.23 Kg/cm² a 265.32 Kg/cm² y de 315.46 Kg/cm² a 248.24 Kg/cm², porcentualmente se evidencia que el concreto disminuye su resistencia a 79.90%; 78.67% y 78.69%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

Con respecto al concreto patrón, los factores de resistencia entre los siete (07) días y los veintiocho (28) días, el concreto patrón es ascendente. Ello podemos observarlo así: de 70.14% a 79.08%; de 69.86% a 78.48% y de 77.74% a 69.29%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

7.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral

Los resultados de la resistencia a la tracción por compresión diametral se han obtenido a los 28 días de edad del concreto. El aditivo expansivo ha afectado a dicha resistencia de manera negativa, haciendo que disminuya de 25.60 kg/cm² a 21.02 kg/cm²; de 21.73 kg/cm² a 18.40 kg/cm² y de 19.14 kg/cm² a 16.44 kg/cm², para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

Porcentualmente, la influencia del aditivo expansivo expresa la disminución de la resistencia a la tracción por compresión diametral del 100% a: 82.11%; 84.69% y 85.89%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente. De ese modo observamos también que mientras menor sea la relación A/C, menor será la afección de la disminución de la resistencia del concreto a la compresión diametral.

7.2.3 Módulo Elástico

El módulo de elasticidad o módulo elástico tiene relación directa con la resistencia a la compresión del concreto. El concreto con aditivo expansivo hace que disminuya el valor del módulo elástico en el concreto. Para mismas relaciones A/C el módulo de Elasticidad es menor en concretos con aditivo expansivo que en

concretos patrones, como se ve: 143,969.35 Kg/cm² respecto a 169826.65 Kg/cm²; 132,274.25 Kg/cm² respecto a 146,649.47 Kg/cm² y 126,113.48 Kg/cm² respecto a 142,228.26 Kg/cm², para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

Porcentualmente, el módulo de elasticidad ha variado desde el 100% a 84.77%; 90.20% y 88.67%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

7.2.4 Expansión

La expansión tiene relación inversa con la resistencia a la compresión y mayor aumento de acuerdo a mayor relación A/C, como podemos observar, a las 24h, las probeta de 298mm se expandió 0.737mm, de 300mm a 0.762mm y de 299mm a 0.787mm, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

Porcentualmente, la expansión varía entre 0.247%; 0.254% y 0.263% para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

7.3 ANÁLISIS DE COSTOS

En el Análisis de Costos Unitarios de cada partida de concreto, para cada metro cúbico de diferente relación A/C tenemos un ligero aumento en el costo del concreto. El metro cúbico varía de: S/. 465.45 a S/. 631.27; S/. 449.38 a S/. 605.06 y S/. 414.10 a S/. 545.4, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

Porcentualmente, los costos unitarios representan un aumento respecto al 100% de cada relación A/C del concreto patrón en: 35.63%; 34.64% y 31.72%, para relaciones A/C de 0.50; 0.55 y 0.60, respectivamente.

CONCLUSIONES

La presente Tesis tuvo como objetivo el estudio del Concreto con Aditivo Expansivo, evaluando las características principales del concreto en su estado fresco y endurecido, considerando relaciones A/C: 0.50, 0.55 y 0.60, para concretos de mediana resistencia.

De acuerdo a los ensayos realizados, se concluye que el Concreto con Aditivo Expansivo expansivo **IntraPlast® PE** de **Aditivos Sika®**, usado con proporción a 2% del peso del cemento en cada relación A/C, influye en el concreto fresco de la siguiente manera:

- El concreto con aditivo expansivo, tiene mayor trabajabilidad que el concreto patrón, aumentando en promedio un 64% pasando el concreto de ser de consistencia normal a consistencia plástica o superplástica.

ASENTAMIENTO			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	166.67%
0.55	100.00%	0.55	164.29%
0.60	100.00%	0.60	161.54%

- La fluidez del concreto con aditivo expansivo aumenta respecto al concreto patrón en un 20%, de esa manera se puede vaciar el concreto sin la necesidad de ser vibrado, pudiendo acceder a zonas donde aparatos como el vibrado les es casi imposible, como en cangrejeras simples u oquedades pequeñas en donde se desea rellenar.

FLUIDEZ			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	116.07%
0.55	100.00%	0.55	132.95%
0.60	100.00%	0.60	110.84%

- El Peso Unitario del concreto con aditivo expansivo disminuye, respecto al concreto patrón en 3%, debido a que es mayor la cantidad de aire incorporado del concreto con aditivo que del concreto patrón.

PESO UNITARIO			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	97.45%
0.55	100.00%	0.55	96.47%
0.60	100.00%	0.60	97.13%

- El contenido de aire en el concreto con aditivo expansivo aumenta, respecto al concreto patrón, en 98%. A la vez, el aumento porcentual de aire incorporado está en relación inversa con el aumento de la relación A/C.

CONTENIDO DE AIRE			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	279.51%
0.55	100.00%	0.55	176.91%
0.60	100.00%	0.60	137.22%

El concreto con aditivo expansivo en estado endurecido se comporta de la siguiente manera:

- El concreto con aditivo expansivo tiene una menor resistencia a la compresión que el concreto patrón, debido a que incorpora más aire dentro de su estructura.

La resistencia a la compresión del Concreto con Aditivo Expansivo, respecto a la resistencia a la compresión del Concreto Patrón disminuye en 11% a los 7 días de edad, y 21% a los 28 días de edad.

RELACIÓN F'C CA/CP		
RELACIÓN	7D	28D
A/C	%	%
0.50	90.09%	79.90%
0.55	88.38%	78.67%
0.60	88.29%	78.69%

- El concreto con aditivo expansivo tiene una relación F'c de 7 días respecto a los 28 días de edad de 78%, a diferencia que el concreto patrón tiene un relación F'c de 7 días respecto a los 28 días de edad de 69%.

RELACIÓN F'C 7D/28D		
RELACIÓN	CP	CA
A/C	%	%
0.50	70.14%	79.08%
0.55	69.86%	78.48%
0.60	69.29%	77.74%

- El concreto con aditivo expansivo tiene una menor resistencia a la tracción por compresión diametral, disminuyendo en 16%, respecto al concreto patrón.

TRACCIÓN COM. DIAMETRAL			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	82.11%
0.55	100.00%	0.55	84.69%
0.60	100.00%	0.60	85.89%

- El concreto con aditivo expansivo tiene un menor módulo elástico, disminuyendo en 12%, respecto al concreto patrón.

MÓDULO ELÁSTICO			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	84.77%
0.55	100.00%	0.55	90.20%
0.60	100.00%	0.60	88.67%

- La expansión del concreto con aditivo expansivo es en promedio 0.76mm al cabo de 24h, aumenta en 0.255% respecto al concreto patrón.

EXPANSIÓN	
A/C	mm
0.50	0.737
0.55	0.762
0.60	0.787

EXPANSIÓN	
A/C	%
0.50	0.247%
0.55	0.254%
0.60	0.263%

- El costo unitario del concreto con aditivo expansivo aumenta en 34%, respecto al concreto patrón, ya que hay influencia como insumo el aditivo expansivo.

COSTO UNITARIO			
C. PATRÓN		C. ADITIVO	
A/C	%	A/C	%
0.50	100.00%	0.50	135.63%
0.55	100.00%	0.55	134.64%
0.60	100.00%	0.60	131.72%

RECOMENDACIONES

- Si bien es cierto que el aditivo expansivo actúa como un plastificante o superplastificante, debido a que aumenta el asentamiento del concreto, eso no quiere decir que se deba reducir el agua, ya que la mejoría de la consistencia y la fluidez del concreto expansivo permite un mejor colocado del mismo, ocupando lugares que el concreto patrón o convencional no lo hiciera. Incluso puede ser colocado en algunos lugares en donde no puede ser vibrado, aunque se debe tener en cuenta los tamaños de los agregados y las aberturas de las oquedades que va a ocupar.
- No hay mucha variación en el cambio del Peso Unitario, por más aire que incorpore el aditivo expansivo, pero ese aire incorporado sí puede influenciar a que el concreto pueda ser vaciado en condiciones o lugares en que el gradiente térmico de gran magnitud.
- Si bien es cierto el aditivo expansivo incorpora aire al concreto, pero este no lo hace en el acto, sino mientras reaccionan sus componentes y va perdiendo la trabajabilidad ya que el ingrediente defloculante tiene poder de acción sólo por media hora, en promedio, tal como se ven en los ensayos de expansión, en donde se evidencia que a partir de ese lapso el concreto comienza a expandirse. Por ende hay que tomar en cuenta ese tiempo para que el vaciado sea efectivo y el aditivo no actúe antes de lo requerido.
- Debido a que el concreto con aditivo expansivo tiene menor resistencia a la compresión que el concreto patrón, para el diseño hay que tener en cuenta este factor ya que el concreto expansivo debe igualar y/o superar la resistencia de diseño para que cumpla bien su función estructural.
- El concreto expansivo puede ser usado para resanar estructuras existentes en mal estado, reparar estructuras mal vaciadas (cangrejeras), como concreto ciclópeo para calzaduras de cimentaciones existentes, para que haya una buena adherencia y buen contacto entre el suelo de fundación socavado y la cimentación.
- Si bien es cierto que el concreto expansivo tiene un mayor costo que el concreto patrón, para las condiciones de uso bien valen la pena utilizarlo para minorar costos posteriores directos e indirectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), “Boletín Técnico: Cemento N° 43”, Editorial Martelgraf E.I.R.L., Lima, 2000.
- Altez Grimani Javier Epifanio, “Estudio de las características del concreto fresco y endurecido con aditivo expansivo y cemento Portland Tipo I”, Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI, Lima, 1996.
- Cachay Huamán Rafael, “Diseño de mezclas, método del agregado global y módulo de finura para concretos de mediana a baja resistencia”, Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI, Lima, 1995.
- Huincho Salvatierra Edher, “Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosílice con Cemento Portland Tipo I”, Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI, Lima, 2011.
- INDECOPI, Norma Técnica Peruana (NTP 400.037), 2015
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial, “Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón”, Bueno Aires. 2005
- Neville A. M. Brooks J. J., “Tecnología del Concreto”, Pearson, Londres. 2001.
- Riva Lopez Enrique, “Diseño de Mezcla”. Lima, Miraflores Hozlo, Lima, 1992.
- Riva Lopez Enrique, “Naturaleza y Materiales del Concreto”. ACI-Perú, Lima, 2000.
- Rodriguez Dávila Pamela Marula, “Estudio del concreto con aditivo reductor de contracción, utilizando Cemento Portland tipo I”, Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, FIC-UNI, Lima, 2010.
- Toirac Corral José, “Patología de la Construcción, grietas y fisuras en obras de hormigón, origen y prevención”, Ciencia y Sociedad, Santo Domingo, 2004.

ANEXOS

ANEXO A – AGREGADOS Y ADITIVOS

PUS-PUC AGREGADO FINO

PUS-PUC Del Agregado Fino	M-1	M-2	M3	UND.
Peso de la tara	1.5772			kg
Vol (1/10 pie ³)	0.00283			m ³
Peso del mat. + tara sin compactar	6.0952	6.1184	6.1431	kg
Peso del Mat. Suelto	4.518	4.5412	4.5659	kg
Peso del mat. + tara compactado	6.5475	6.5457	6.5479	kg
Peso de mat. Compactado	4.9703	4.9685	4.9707	kg
Peso Unitario Suelto (PUS)	1604.84			Kg/m ³
Peso Unitario Compactado (PUC)	1756.12			Kg/m ³

PUS-PUC AGREGADO GRUESO

PUS-PUC Del Agregado Grueso	M-1	M-2	M3	UND.
Peso de la tara	4.7			kg
Vol (1/3 pie ³)	0.00944			m ³
Peso del mat. + tara sin compactar	17.66	17.91	17.75	kg
Peso del Mat. Suelto	12.96	13.21	13.05	kg
Peso del mat. + tara compactado	19.41	19.42	19.44	kg
Peso de mat. Compactado	14.71	14.72	14.74	kg
Peso Unitario Suelto (PUS)	1385.04			Kg/m ³
Peso Unitario Compactado (PUC)	1559.85			Kg/m ³

MÁXIMA COMPACIDAD DEL AGREGADO GLOBAL

	MAXIMA COMPACIDAD		V: 1/2 p3		
Vol:	0.0141584				m3
RELACIÓN P/A:	50/50	55/45	45/55	40/60	
PESO:	26.25	26.10	26.82	26.54	kg
PUC:	1854.02	1843.43	1894.28	1874.29	kg/m3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS PATRÓN PARA MEDIR %
ARENA

CON: 53.63% DE ARENA

% Arena: 53.63						
	D-1	D-2	Dprom	A	P	f'c
M1	10.15	10.20	10.18	81.31	20073.40	246.87
M2	10.20	10.15	10.18	81.31	19409.60	238.70
M3	10.20	10.20	10.20	81.71	18523.20	226.69
M4	10.19	10.21	10.20	81.71	18743.00	229.38
M5	10.20	10.20	10.20	81.71	17034.50	208.47
PROMEDIO						230.02

CON: 56.63% DE ARENA

% Arena: 56.63						
	D-1	D-2	Dprom	A	P	f'c
M1	10.11	10.20	10.16	80.99	20946.3	258.62
M2	10.19	10.20	10.20	81.63	20309.6	248.79
M3	10.11	10.21	10.16	81.07	20669.6	254.95
M4	10.11	10.21	10.16	81.07	20463.8	252.41
M5	10.19	10,21	10.19	81.55	19832.3	243.18
PROMEDIO						251.59

CON: 59.63% DE ARENA

	D-1	D-2	Dprom	A	P	f _c
M1	10.11	10.20	10.16	80.99	18161	224.23
M2	10.20	10.21	10.21	81.79	19785.3	241.90
M3	10.20	10.30	10.25	82.52	16497.8	199.93
M4	10.40	10.30	10.35	84.13	17523.4	208.28
M5	10.00	10.30	10.15	80.91	15746.7	194.61
PROMEDIO						213.79

De donde resulta que la máxima compacidad se obtiene con 56.22% de Arena

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

AGREGADO FINO			
	M1	M2	M3
Tara (g):	201	169	174.2
T + A (hum.):	701	669	674.2
A (hum.):	500	500	500
T + A (Seca):	691.5	660.3	665.4
A (Seca):	490.5	491.3	491.2
C.H.	1.94%	1.77%	1.79%
CH. PROM:	1.83%		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO			
	M1	M2	M3
Tara (g):	284.9	274	283.5
T + P (hum.):	2285.3	2275.7	2287.2
P (hum.):	2000.4	2001.7	2003.7
T + P (Seca):	2277.2	2268.2	2279.6
P (Seca):	1992.3	1994.2	1996.1
C.H.	0.41%	0.38%	0.38%
CH. PROM:	0.39%		

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

AGREGADO FINO			
	M1	M2	M3
Asss:	500	500	500
Peso Fiola:	141	141	141
Asss + F + H2O:	947.4	950	951.5
Peso H2O:	306.4	309	310.5
Peso Tara:	213.3	225.1	136.6
Tara + As:	710.4	721.4	633.3
As:	497.1	496.3	496.7
Vol Fiola:	500	500	500
PE:	2.57	2.60	2.62
PESSS:	2.58	2.62	2.64
ABS:	0.58%	0.75%	0.66%
PE (prom):	2.60		
PESSS (prom):	2.61		
ABS (prom):	0.66%		

ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO			
	M1	M2	M3
Psss:	4000.5	4000	4000
Psss sumergida:	2529.8	2522	2525.1
Peso Tara:	523.5	296	452.9
T + Ps:	4484.6	4253.6	4407.5
Ps:	3961.1	3957.6	3954.6
PE:	2.69	2.68	2.68
PESSS:	2.72	2.71	2.71
ABS:	0.99%	1.07%	1.15%
PE (prom):	2.68		
PESSS (prom):	2.71		
ABS (prom):	1.07%		

MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO

TAMIZ	% Ret. Acum.
N° 4	9.49
N° 8	32.40
N° 16	54.01
N° 30	70.96
N° 50	83.74
N° 100	92.33
MF:	3.43

MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO

TAMIZ	% Ret. Acum.
3/4"	47.18
3/8"	98.89
N° 4	99.37
N° 8	100.00
N° 16	100.00
N° 30	100.00
N° 50	100.00
N° 100	100.00
MF	7.45

RESUMEN DE PROPIEDADES

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	UND.
CANTERA	Jicamarca	Gloria	
PESO UNITARIO SUELTO	1604.84	1385.04	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1756.12	1559.85	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO	2.60	2.68	
ABSORCIÓN	0.66	1.07	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.83	0.39	%
MÓDULO DE FINURA	3.43	7.45	
TAMAÑO MÁXIMO	-	1	pulg
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4	pulg

TABLA DE DISEÑO

DISEÑO DE CONCRETO

Datos:

Arena:	
PE:	2.68
CH:	3.00%
ABS:	1.20%
MF:	2.75
PUC:	1756.12
PUS:	1604.84

PIEDRA:	
PE:	2.62
CH:	1.30%
ABS:	0.40%
MF:	7.02
PUC:	1650
PUS:	1680

% Arena	56.22
---------	-------

% Piedra	43.78
----------	-------

A/C:	0.55
------	------

Para Asent. Entre 3"-4", por m³ de concreto:

Agua:	310.00
Cemento:	563.64
Aire atrap:	1.5%

Vol de la pasta:

Agua:	0.310
Cemento:	0.181
Aire atrap:	0.015
Total:	0.506

Vol de agregados (m3):

V:	0.494
V-Ar:	0.278
V-P:	0.216

Pesos secos de los agregados (kg/m3):

Arena:	744.83
Piedra:	567.03

Valores de diseño:

Agua:	310	lt/m3
Cemento:	563.64	kg/m3
Arena:	744.83	kg/m3
Piedra:	567.03	kg/m3

Corrección por humedad:

P. Hum. Are:	767.18
P. Hum. Pie:	574.41

Humedad superficial:

Arena:	1.80%
Piedra:	0.90%

Aporte de humedad del agregado (lt/m3):

Arena:	13.41
Piedra:	5.10
Total:	18.51

Valores Finales (m3 de concreto):

Cemento:	563.64	kg
Agua:	291.49	lt
Arena:	767.18	kg
Piedra:	574.41	kg

Valores Finales en Volumen Suelto por m3 de concreto:

Cemento: 563.636364 kg

Agua:	291.49	lt		
Arena:	0.47803897	m3	478.04	L
Piedra:	0.3419081	m3	341.91	L

Para un volumen de: 1000 L

Cemento:	563.64	kg	563.64	kg
Agua:	291.49	L	291.49	lt
Arena:	478.04	L	767.18	kg
Piedra:	341.91	L	574.41	kg

FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO EXPANSIVO INTRAPLAST SIKA



HOJA TÉCNICA IntraPlast® PE

Expansor para mezclas de cemento.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

IntraPlast® PE es un aditivo en polvo, que contiene plastificantes especiales y productos expansores finamente molidos, que actúa sobre las mezclas como:

- Expansor
- Defloculante

USOS

- Inyecciones de pastas o morteros en fisuras, grietas, juntas, vainas de cables pretensados.
- Reparaciones de concreto dañado o mal confeccionado (cangrejeras).
- Concreto de relleno y en general cualquier tipo de inyección de concreto o mortero (grouting).

VENTAJAS

- Impide la floculación plastificando las partículas de cemento en suspensión acuosa, se logra así una mejor penetración del aglomerante en fisuras o poros.
- Estabiliza las lechadas de cemento, reduciendo la segregación y exudación del agua.
- Expande el material inyectado antes y durante el fraguado (1% a 3% del volumen), aumentando la adherencia e impermeabilidad.

DATOS BÁSICOS

FORMA	ASPECTO
	Polvo
	COLORES
ALMACENAMIENTO	Blanco humo
	PRESENTACIÓN
	Caja de 7 Unidades x 850 g
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL	IntraPlast® PE debe mantenerse en sitio fresco y bajo techo; en estas condiciones se puede almacenar en su envase cerrado original durante 1 año, a menos que la etiqueta indique un tiempo mayor.
	DENSIDAD
DATOS TÉCNICOS	1,40 kg/L

Hoja Técnica
IntraPlast® PE
21.01.15, Edición 4

1/4

	<p>USGBC VALORACIÓN LEED Intraplast® PE cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)</p>
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS 2 kg. de Intraplast® PE por 100 kg de cemento (1 bolsa de 0.85kg por saco de cemento).
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>PREPARACIÓN DE SUPERFICIE</p> <p>La cavidad (fisura, cangrejeras, vaina de postensado, anclaje, etc.) debe estar limpia y sana, sin polvo, grasas, aceites o partículas sueltas o mal adheridas. Los encofrados deben ser firmes e impermeables. El concreto antiguo debe estar saturado de agua, pero sin agua libre en su superficie.</p> <p>INSTRUCCIONES DE MEZCLADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intraplast® PE se debe agregar distribuido uniformemente en el cemento o en el árido fino, en dosis de 2% del peso del cemento. Para casos particulares la dosis puede ajustarse según los requerimientos de expansión deseados. • Una vez agregada el agua a la mezcla, se debe agitar continuamente y usar de inmediato. • Se debe emplear solamente cemento fresco. <p>MODO DE EMPLEO</p> <p>Para cangrejeras y rellenos:</p> <p>Debe eliminarse piedras sueltas y lechada superficial hasta llegar al concreto sano.</p> <p>Para asegurar una perfecta adherencia en reparaciones estructurales, debe emplearse Sikadur®-32 Gel, puente de adherencia epóxico.</p> <p>La mezcla para la reparación debe ser hecha con los mismos materiales con que se confeccionó el concreto y de aproximadamente la misma dosificación. La utilización de Sikament® al 1% del peso del cemento es recomendada para asegurar resistencia y fluidez en la mezcla de relleno.</p> <p>El tamaño máximo del árido deberá ser compatible con el espesor de la cavidad a rellenar. El mortero o concreto de relleno se confeccionará con Intraplast® PE al 2% del peso del cemento. El parche y el área circundante deben mantenerse húmedos durante 7 días por lo menos. En concretos estructurales de relleno deben comprobarse la resistencia del concreto mediante ensayos preliminares.</p> <p>Para inyecciones:</p> <p>En inyecciones de grietas o vainas de cables de concreto postensado debe utilizarse una bomba (manual o con motor) para introducir a presión la mezcla de inyección. Esta mezcla puede ser un mortero rico (una parte de cemento por una parte de arena fina) o pasta pura con Intraplast® PE.</p> <p>En cada caso hay que determinar previamente el grado de inyectabilidad de la mezcla para asegurar su buena penetración y evitar la exudación o segregación.</p>

Hoja Técnica
 IntraPlast® PE
 21.01.15, Edición 4

2/4

BUILDING TRUST



IMPORTANTE

- Los materiales (cemento, agua y agregados) deben cumplir con las normas correspondientes.
- Para verificar el comportamiento y la dosis más adecuada de Intraplast® PE es recomendable realizar pruebas preliminares.
- Las mezclas preparadas con Intraplast® PE deben ser aplicadas antes de transcurridos 30 minutos desde su confección.

BASES	Todos los datos técnicos del producto indicado en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio. Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
RESTRICCIONES LOCALES	Observe, por favor, que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Consultar, por favor, la hoja de datos local del producto para la descripción exacta de los campos de aplicación. No usar en concreto con acelerantes de fragua.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
-------------------------------------	---

OBSERVACIONES	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
----------------------	--

NOTAS LEGALES	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe .
----------------------	---

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 3
la misma que deberá ser destruida"**

Hoja Técnica
IntraPlast® PE
21.01.15, Edición 4

3/4

BUILDING TRUST



PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE IntraPlast® PE :

1- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Refurbishment
Centro Industrial "Las Paredas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
IntraPlast® PE
21.01.15, Edición 4

4/4

Versión elaborada por: Sika Perú
S.A.
NA, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: Informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.



ANEXO B – CONCRETO FRESCO

FLUIDEZ

PATRÓN	A/C	FLUIDEZ	1	2	3	4
	0.50	47.88	48.00	49.00	47.00	47.50
	0.55	44.50	45.00	44.50	44.00	44.50
	0.60	45.75	46.50	45.00	45.00	46.50
ADITIVO	A/C		1	2	3	4
	0.50	51.55	51.00	52.20	52.00	51.00
	0.55	50.93	51.20	51.50	51.00	50.00
	0.60	48.00	51.00	49.00	47.00	45.00

CONTENIDO DE AIRE

Concreto Patrón A/C: 0.50

Para un volumen de (L):		13.85	CANT.	A/C:0.50	P.E	VOL. PARCIAL	% AIRE
Cemento:	8.31	kg	8.31	kg	3.15	2.64	1.22%
Agua:	3.90	L	3.90	lt	1.00	3.90	
Arena:	6.60	L	10.59	kg	2.68	3.95	
Piedra:	4.72	L	7.93	kg	2.62	3.03	
TOTAL			30.73			13.52	

Concreto Patrón A/C: 0.55

Para un volumen de (L):		13.85	CANT.	A/C:0.55	P.E	VOL. PARCIAL	% AIRE
Cemento:	7.81	kg	7.81	kg	3.15	2.48	1.41%
Agua:	4.04	L	4.04	lt	1.00	4.04	
Arena:	6.62	L	10.63	kg	2.68	3.96	
Piedra:	4.74	L	7.96	kg	2.62	3.04	
TOTAL			30.42			13.52	

Concreto Patrón A/C: 0.60

Para un volumen de (L):		13.85	CANT.	A/C:0.60	P.E	VOL. PARCIAL	% AIRE
Cemento:	6.58	kg	6.58	kg	3.15	2.09	1.08%
Agua:	3.66	L	3.66	lt	1.00	3.66	
Arena:	7.34	L	11.77	kg	2.68	4.39	
Piedra:	5.25	L	8.82	kg	2.62	3.36	
TOTAL			30.83			13.51	

Concreto Expansivo A/C: 0.50

Para un volumen de (L):		13.85	CANT.	A/C:0.50	P.E	VOL. PARCIAL	% AIRE
Cemento:	8.31	kg	8.31	kg	3.15	2.64	3.42%
Agua:	3.90	L	3.90	lt	1.00	3.90	
Arena:	6.60	L	10.59	kg	2.68	3.95	
Piedra:	4.72	L	7.93	kg	2.62	3.03	
Aditivo	0.17		0.17		1.40	0.12	
TOTAL			30.89			13.63	

Concreto Expansivo A/C: 0.55

Para un volumen de (L):		13.99	CANT.	A/C:0.55	P.E	VOL. PARCIAL	% AIRE
Cemento:	7.81	kg	7.81	kg	3.15	2.53	2.49%
Agua:	4.04	L	4.04	lt	1.00	4.13	
Arena:	6.62	L	10.63	kg	2.68	4.05	
Piedra:	4.74	L	7.96	kg	2.62	3.10	
Aditivo	0.16		0.16		1.40	0.11	
TOTAL			30.58			13.93	

Concreto Expansivo A/C: 0.60

Para un volumen de (L):		13.99	CANT.	A/C:0.60	P.E	VOL. PARCIAL	% AIRE
Cemento:	6.58	kg	6.58	kg	3.15	2.70	1.01%
Agua:	3.66	L	3.66	lt	1.00	3.99	
Arena:	7.34	L	11.77	kg	2.68	4.04	
Piedra:	5.25	L	8.82	kg	2.62	3.09	
Aditivo	0.13		0.13		1.40	0.09	
TOTAL			30.96			13.91	

ANEXO C – CONCRETO ENDURECIDO
ENSAYO A LA COMPRESIÓN AXIAL

Compresión axial a los 7 días de edad – Concreto Patrón

Concreto Patrón A/C: 0.50

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.10	10.20	10.15	80.91	23712.70	293.06
2	10.20	10.15	10.18	81.31	22396.00	275.43
3	10.00	10.50	10.25	82.52	20181.30	244.57
4	10.11	10.12	10.12	80.36	23067.30	287.06
5	10.11	10.12	10.12	80.36	24662.80	306.92
					PROM:	281.41

Concreto Patrón A/C: 0.55

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.20	10.22	10.21	81.87	19395.20	236.89
2	10.18	10.22	10.20	81.71	19276.40	235.90
3	10.11	10.42	10.27	82.76	20386.80	246.34
4	10.20	10.21	10.21	81.79	19251.90	235.37
5	10.10	10.45	10.28	82.92	18533.80	223.52
					PROM:	235.61

Concreto Patrón A/C: 0.60

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.20	10.20	10.20	81.71	19938.00	244.00
2	10.15	10.25	10.20	81.71	15132.30	185.19
3	10.12	10.18	10.15	80.91	15652.80	193.45
4	10.00	10.55	10.28	82.92	18452.40	222.54
5	10.09	10.38	10.24	82.27	20378.80	247.69
					PROM:	218.57

Compresión axial a los 28 días de edad – Concreto Patrón

Concreto Patrón A/C: 0.50

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.05	10.45	10.25	82.52	30843.10	373.78
2	10.20	10.25	10.23	82.11	29308.50	356.93
3	10.15	10.25	10.20	81.71	32871.00	402.28
4	10.40	10.10	10.25	82.52	31763.00	384.93
5	10.15	10.50	10.33	83.73	33818.80	403.91
6	10.25	10.15	10.20	81.71	29084.80	355.94
7	10.20	10.20	10.20	81.71	31077.70	380.33
8	10.14	10.49	10.32	83.57	31775.30	380.24
9	10.20	10.20	10.20	81.71	34731.00	425.04
10	10.25	10.15	10.20	81.71	32047.00	392.19
11	10.22	10.18	10.20	81.71	34315.40	419.95
12	10.12	10.28	10.20	81.71	34779.00	425.63
13	10.20	10.20	10.20	81.71	34328.40	420.11
14	10.20	10.20	10.20	81.71	35071.30	429.20
15	10.45	10.10	10.28	82.92	35296.40	425.67
16	10.11	10.25	10.18	81.39	31784.70	390.51
17	10.21	10.19	10.20	81.71	33164.80	405.87
18	10.45	10.10	10.28	82.92	31721.20	382.56
19	10.10	10.53	10.32	83.57	33660.60	402.80
20	10.00	10.40	10.20	81.71	32347.10	395.86
21	10.10	10.15	10.13	80.52	35430.30	440.04
22	10.15	10.15	10.15	80.91	35115.80	433.99
23	10.10	10.30	10.20	81.71	27470.20	336.18
24	10.00	10.40	10.20	81.71	33907.50	414.96
25	10.10	10.25	10.18	81.31	33136.80	407.52
26	10.15	10.23	10.19	81.55	32649.00	400.34
27	10.18	10.18	10.18	81.39	35100.00	431.24
28	10.15	10.20	10.18	81.31	35159.40	432.40
29	10.13	10.52	10.33	83.73	34083.40	407.07
30	10.20	10.20	10.20	81.71	30929.00	378.51
					PROM:	401.20

Concreto Patrón A/C: 0.55

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.15	10.15	10.15	80.91	27488.50	339.73
2	9.90	10.50	10.20	81.71	28211.80	345.26
3	10.11	10.18	10.15	80.83	28007.40	346.48
4	10.12	10.20	10.16	81.07	26715.10	329.52
5	10.09	10.15	10.12	80.44	26072.40	324.14
6	10.11	10.25	10.18	81.39	27829.00	341.91
7	9.90	10.50	10.20	81.71	27387.30	335.17
8	10.20	10.30	10.25	82.52	28973.70	351.13
9	10.18	10.18	10.18	81.39	27254.10	334.85
10	10.11	10.20	10.16	80.99	28215.70	348.37
11	10.05	10.45	10.25	82.52	28994.50	351.38
12	10.19	10.15	10.17	81.23	25590.00	315.02
13	10.09	10.19	10.14	80.75	28408.50	351.79
14	10.20	10.15	10.18	81.31	27191.30	334.40
15	10.11	10.19	10.15	80.91	25621.50	316.65
16	10.10	10.20	10.15	80.91	28931.60	357.56
17	10.11	10.20	10.16	80.99	27071.40	334.24
18	10.18	10.19	10.19	81.47	28833.60	353.91
19	10.25	10.15	10.20	81.71	27100.00	331.65
20	10.00	10.30	10.15	80.91	28572.00	353.12
21	10.15	10.20	10.18	81.31	26449.20	325.28
22	9.90	10.50	10.20	81.71	28328.40	346.68
23	10.00	10.45	10.23	82.11	26336.30	320.73
24	10.15	10.15	10.15	80.91	26421.50	326.54
25	10.31	10.30	10.31	83.40	27195.80	326.07
26	10.41	10.01	10.21	81.87	26641.60	325.40
27	10.10	10.20	10.15	80.91	28010.90	346.18
28	10.15	10.30	10.23	82.11	28594.40	348.23
29	10.25	10.19	10.22	82.03	26296.10	320.55
30	10.40	10.05	10.23	82.11	27516.70	335.10
					PROM:	337.23

Concreto Patrón A/C: 0.60

MUESTR A	DIÁMETRO		DIÁMETR O PROMED IO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.15	10.21	10.18	81.39	26617.40	327.02
2	10.13	10.21	10.17	81.23	26444.40	325.54
3	10.08	10.28	10.18	81.39	22993.00	282.49
4	9.95	10.45	10.20	81.71	28121.20	344.15
5	10.09	10.23	10.16	81.07	25038.20	308.83
6	10.09	10.30	10.20	81.63	27037.00	331.20
7	10.10	10.20	10.15	80.91	27916.10	345.01
8	10.05	10.50	10.28	82.92	27245.20	328.58
9	10.00	10.40	10.20	81.71	29017.90	355.12
10	10.10	10.20	10.15	80.91	24678.60	305.00
11	9.90	10.60	10.25	82.52	25584.30	310.05
12	10.30	10.10	10.20	81.71	24678.60	302.02
13	10.05	10.40	10.23	82.11	25361.60	308.86
14	10.10	10.40	10.25	82.52	25696.20	311.41
15	10.12	10.40	10.26	82.68	25341.60	306.51
16	10.15	10.25	10.20	81.71	27225.60	333.19
17	10.00	10.50	10.25	82.52	28781.40	348.80
18	10.40	9.90	10.15	80.91	23763.80	293.69
19	10.10	10.40	10.25	82.52	22921.20	277.78
20	10.20	10.20	10.20	81.71	26926.60	329.53
21	10.20	10.20	10.20	81.71	23099.60	282.69
22	10.00	10.50	10.25	82.52	24078.60	291.81
23	10.00	10.50	10.25	82.52	23592.20	285.91
24	10.20	10.20	10.20	81.71	23810.20	291.39
25	10.00	10.50	10.25	82.52	26651.70	322.99
26	10.15	10.15	10.15	80.91	24881.80	307.51
27	10.12	10.18	10.15	80.91	26768.80	330.83
28	9.95	10.60	10.28	82.92	27029.80	325.98
29	10.10	10.20	10.15	80.91	27110.30	335.05
30	9.95	10.50	10.23	82.11	25852.30	314.84
					PROM:	315.46

Compresión axial a los 7 días de edad – Concreto Expansivo

Concreto Expansivo A/C: 0.50

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.18	10.23	10.21	81.79	20278.20	247.92
2	10.15	10.15	10.15	80.91	20061.20	247.93
3	10.30	10.20	10.25	82.52	19096.80	231.43
4	10.21	10.22	10.22	81.95	21599.90	263.56
5	10.20	10.30	10.25	82.52	22837.40	276.76
PROM:						253.52

Concreto Expansivo A/C: 0.55

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.02	10.25	10.14	80.67	17848.40	221.24
2	10.20	10.20	10.20	81.71	16494.00	201.85
3	10.10	10.09	10.10	80.04	15250.80	190.54
4	10.10	10.40	10.25	82.52	17019.90	206.26
5	10.25	10.12	10.19	81.47	18027.60	221.27
PROM:						208.23

Concreto Expansivo A/C: 0.60

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.05	10.60	10.33	83.73	16030.30	191.46
2	10.25	10.35	10.30	83.32	14542.30	174.53
3	10.20	10.30	10.25	82.52	16796.40	203.55
4	10.12	10.20	10.16	81.07	14403.90	177.67
5	10.00	10.50	10.25	82.52	17961.80	217.68
PROM:						192.98

Compresión axial a los 28 días de edad – Concreto Expansivo

Concreto Expansivo A/C: 0.50

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.15	10.20	10.18	81.31	24822.00	305.27
2	10.10	10.50	10.30	83.32	23075.80	276.94
3	10.18	10.40	10.29	83.16	25377.80	305.16
4	10.20	10.20	10.20	81.71	21083.90	258.02
5	10.05	10.50	10.28	82.92	26344.30	317.71
6	10.10	10.30	10.20	81.71	28798.50	352.44
7	10.10	10.20	10.15	80.91	26348.80	325.64
8	10.20	10.20	10.20	81.71	26022.40	318.46
9	10.01	10.50	10.26	82.60	26928.60	326.03
10	10.18	10.15	10.17	81.15	23906.30	294.58
11	10.00	10.45	10.23	82.11	29619.10	360.71
12	10.00	10.50	10.25	82.52	26143.50	316.83
13	10.20	10.15	10.18	81.31	25814.90	317.48
14	10.09	10.20	10.15	80.83	24792.30	306.71
15	10.00	10.35	10.18	81.31	26029.40	320.11
16	10.18	10.12	10.15	80.91	26332.30	325.44
17	10.20	10.20	10.20	81.71	23613.10	288.98
18	10.11	10.22	10.17	81.15	27624.80	340.40
19	10.10	10.22	10.16	81.07	28991.30	357.59
20	10.20	10.20	10.20	81.71	23067.70	282.30
21	10.13	10.19	10.16	81.07	27051.80	333.67
22	10.00	10.60	10.30	83.32	26814.40	321.81
23	10.80	10.20	10.50	86.59	28025.00	323.65
24	10.10	10.20	10.15	80.91	25565.40	315.96
25	10.00	10.50	10.25	82.52	27235.10	330.06
26	10.05	10.50	10.28	82.92	28152.50	339.52
27	10.18	10.20	10.19	81.55	24049.70	294.90
28	10.20	10.30	10.25	82.52	27559.80	333.99
29	10.12	10.25	10.19	81.47	28533.80	350.23
30	10.20	10.20	10.20	81.71	30774.00	376.61
					PROM:	320.57

Concreto Expansivo A/C: 0.55

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'c (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.18	10.32	10.25	82.52	22106.80	267.91
2	10.20	10.20	10.20	81.71	18982.20	232.30
3	10.18	10.15	10.17	81.15	19868.20	244.82
4	10.00	10.42	10.21	81.87	22841.30	278.98
5	10.40	10.05	10.23	82.11	20281.70	247.00
6	10.18	10.32	10.25	82.52	23053.50	279.38
7	10.05	10.40	10.23	82.11	20139.50	245.26
8	10.18	10.20	10.19	81.55	20256.10	248.38
9	10.20	10.22	10.21	81.87	23092.80	282.06
10	10.18	10.20	10.19	81.55	22342.10	273.96
11	10.20	10.12	10.16	81.07	19386.40	239.12
12	10.00	10.50	10.25	82.52	19965.60	241.96
13	10.25	10.12	10.19	81.47	22975.30	282.00
14	10.19	10.21	10.20	81.71	21873.10	267.68
15	10.22	10.21	10.22	81.95	21767.50	265.61
16	10.18	10.12	10.15	80.91	24351.00	300.95
17	10.10	10.45	10.28	82.92	16648.10	200.78
18	10.32	10.10	10.21	81.87	22133.60	270.34
19	10.18	10.20	10.19	81.55	24083.40	295.31
20	10.08	10.32	10.20	81.71	21222.80	259.72
21	10.33	10.26	10.30	83.24	22348.50	268.48
22	10.40	10.10	10.25	82.52	23257.80	281.86
23	10.10	10.45	10.28	82.92	24668.90	297.51
24	10.00	10.52	10.26	82.68	20669.60	250.00
25	10.11	10.45	10.28	83.00	24552.10	295.81
26	10.20	10.15	10.18	81.31	22923.00	281.91
27	10.16	10.20	10.18	81.39	22397.60	275.18
28	10.11	10.20	10.16	80.99	23869.00	294.70
29	10.19	10.12	10.16	80.99	21257.50	262.46
30	10.18	10.15	10.17	81.15	18512.30	228.12
					PROM:	265.32

Concreto Expansivo A/C: 0.60

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'C (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.19	10.40	10.30	83.24	20301.90	243.89
2	10.10	10.38	10.24	82.35	20318.50	246.72
3	10.00	10.30	10.15	80.91	19340.10	239.02
4	10.20	10.20	10.20	81.71	19658.30	240.58
5	10.10	10.22	10.16	81.07	19018.70	234.59
6	10.12	10.30	10.21	81.87	17971.90	219.51
7	10.50	10.12	10.31	83.48	21369.60	255.97
8	10.00	10.45	10.23	82.11	21834.20	265.90
9	10.10	10.35	10.23	82.11	21776.40	265.20
10	10.20	10.20	10.20	81.71	21748.80	266.16
11	10.20	10.15	10.18	81.31	20061.00	246.71
12	10.18	10.30	10.24	82.35	20912.70	253.93
13	10.20	10.12	10.16	81.07	18698.50	230.64
14	10.18	10.10	10.14	80.75	18134.90	224.57
15	10.20	10.12	10.16	81.07	20748.60	255.92
16	10.18	10.12	10.15	80.91	23099.10	285.48
17	10.12	10.20	10.16	81.07	19185.70	236.65
18	10.19	10.11	10.15	80.91	20578.00	254.32
19	10.12	10.22	10.17	81.23	21305.00	262.27
20	10.13	10.20	10.17	81.15	19437.20	239.51
21	10.18	10.20	10.19	81.55	19404.70	237.94
22	10.20	10.12	10.16	81.07	19258.70	237.55
23	10.08	10.55	10.32	83.57	22764.70	272.42
24	10.09	10.28	10.19	81.47	21068.80	258.60
25	10.18	10.18	10.18	81.39	20309.60	249.53
26	10.12	10.20	10.16	81.07	21181.80	261.27
27	10.10	10.40	10.25	82.52	20699.50	250.85
28	10.18	10.20	10.19	81.55	17252.40	211.55
29	10.20	10.16	10.18	81.39	19469.00	239.20
30	10.15	10.40	10.28	82.92	21620.10	260.74
					PROM:	248.24

ENSAYO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

Tracción a los 28 días de edad – Concreto Patrón

Concreto Patrón A/C: 0.50

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'R (kg/cm ²) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.25	10.15	10.20	20.50	7950.00	24.20
2	10.10	10.20	10.15	20.42	9500.00	29.18
3	10.20	10.22	10.21	20.58	8550.00	25.90
4	10.10	10.35	10.23	20.48	6950.00	21.13
5	10.20	10.15	10.18	20.42	9000.00	27.58
PROM:						25.60

Concreto Patrón A/C: 0.55

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'R (kg/cm ²) D1 (cm) D1 (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)				
1	10.25	13.30	11.78	20.50	9050.00	23.87
2	9.95	10.40	10.18	20.51	7100.00	21.66
3	9.90	10.30	10.10	20.49	6900.00	21.23
4	10.90	10.25	10.58	20.52	7000.00	20.54
5	10.11	10.12	10.12	20.48	6950.00	21.36
PROM:						21.73

Concreto Patrón A/C: 0.60

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'R
	D1 (cm)	D2 (cm)				(kg/cm ²) D1 (cm) D1 (cm)
1	10.19	10.11	10.15	20.40	6400.00	19.68
2	10.10	10.23	10.17	20.35	4050.00	12.46
3	10.20	10.10	10.15	20.38	6450.00	19.85
4	10.11	10.13	10.12	20.39	6700.00	20.67
5	10.10	10.30	10.20	20.60	7600.00	23.03
					PROM:	19.14

Concreto Expansivo A/C: 0.50

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'R
	D1 (cm)	D2 (cm)				(kg/cm ²) D1 (cm) D1 (cm)
1	10.20	10.18	10.19	20.35	6900.00	21.18
2	10.30	10.25	10.28	20.60	7100.00	21.35
3	10.20	10.15	10.18	20.55	7500.00	22.83
4	10.18	10.22	10.20	20.38	6650.00	20.37
5	10.12	10.20	10.16	20.56	6350.00	19.35
					PROM:	21.02

Concreto Expansivo A/C: 0.55

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'R
	D1 (cm)	D2 (cm)				(kg/cm ²) D1 (cm) D1 (cm)
1	10.23	10.15	10.19	20.58	5650.00	17.15
2	10.12	10.18	10.15	20.40	6850.00	21.06
3	10.20	10.30	10.25	20.40	6650.00	20.25
4	10.12	10.30	10.21	20.45	5650.00	17.23
5	10.12	10.32	10.22	20.60	5400.00	16.33
					PROM:	18.40

Concreto Expansivo A/C: 0.60

MUESTRA	DIÁMETRO		DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	F'R
	D1 (cm)	D2 (cm)				(kg/cm ²) D1 (cm) D1 (cm)
1	10.21	10.12	10.17	20.42	5400.00	16.56
2	10.18	10.20	10.19	20.25	5350.00	16.51
3	10.22	10.12	10.17	20.48	6700.00	20.48
4	10.10	10.30	10.20	20.60	4400.00	13.33
5	10.20	10.20	10.20	20.38	5000.00	15.31
					PROM:	16.44

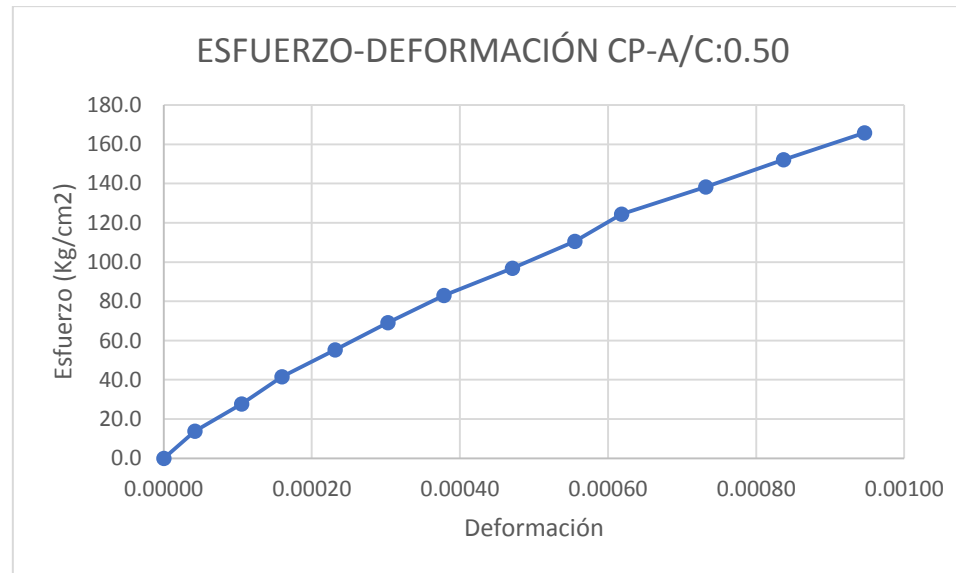
ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD

Elasticidad a los 28 días de edad – Concreto Patrón

Concreto Patrón A/C: 0.50

FUERZA (Kg)	LECTURA		DEFORMACIÓN		DIMENSIONES DE PROBETA					Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unit.
	Nº1 (pulg)	Nº (pulg)	Prom. (pulg)	Prom (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm2)	Long (cm)		
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	0.0	0.00000
2500	0.0005	0.0005	0.0005	0.0013	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	13.83	0.00004
5000	0.0013	0.0012	0.0013	0.0032	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	27.65	0.00011
7500	0.0019	0.0019	0.0019	0.0048	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	41.48	0.00016
10000	0.0028	0.0027	0.0028	0.0070	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	55.30	0.00023
12500	0.0036	0.0036	0.0036	0.0091	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	69.13	0.00030
15000	0.0045	0.0045	0.0045	0.0114	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	82.95	0.00038
17500	0.0057	0.0055	0.0056	0.0142	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	96.78	0.00047
20000	0.0066	0.0066	0.0066	0.0168	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	110.60	0.00056
22500	0.0072	0.0075	0.0074	0.0187	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	124.43	0.00062
25000	0.0087	0.0087	0.0087	0.0221	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	138.25	0.00073
27500	0.0100	0.0099	0.0100	0.0253	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	152.08	0.00084
30000	0.0113	0.0112	0.0113	0.0286	15.15	15.2	15.18	180.83	30.20	165.90	0.00095

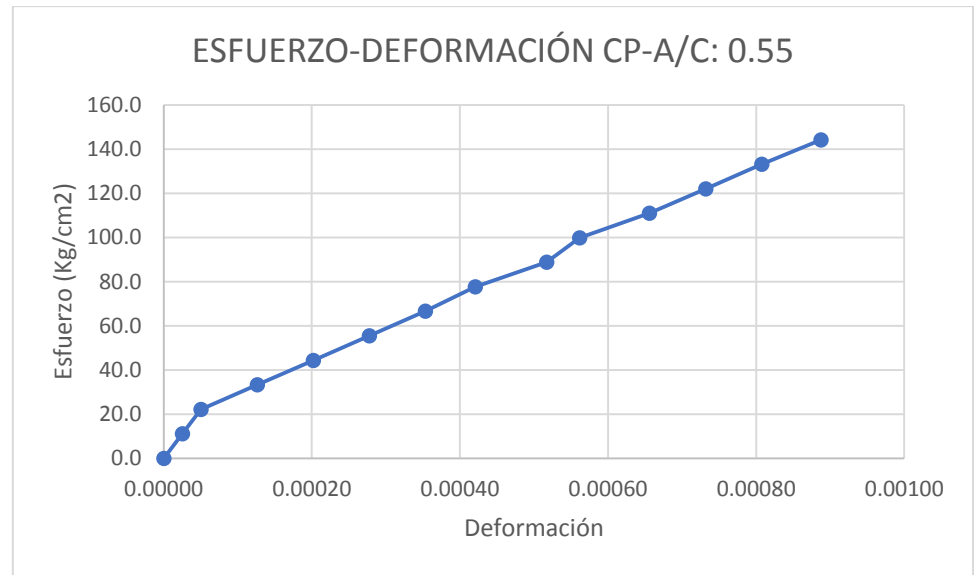
CP: A/C	Esfuerzo último 100% (kg/cm ²)	Esfuerzo 40% (kg/cm ²)	Carga 40% (Kg)	Esfuerzos (kg/cm ²)		Def. Unitarias		Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
				S1	S2	e1	e2	
0.50	401.2	160.48	29019.26	15.57	160.48	0.00005	0.00090	169826.65



Concreto Patrón A/C: 0.55

FUERZA (Kg)	LECTURA		DEFORMACIÓN		DIMENSIONES DE PROBETA					Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit.
	Nº1 (pulg)	Nº (pulg)	Prom. (pulg)	Prom (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)		
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	0.0	0.00000
2000	0.0003	0.0003	0.0003	0.0008	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	11.10	0.00003
4000	0.0006	0.0006	0.0006	0.0015	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	22.19	0.00005
6000	0.0015	0.0015	0.0015	0.0038	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	33.29	0.00013
8000	0.0024	0.0024	0.0024	0.0061	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	44.39	0.00020
10000	0.0033	0.0033	0.0033	0.0084	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	55.48	0.00028
12000	0.0042	0.0042	0.0042	0.0107	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	66.58	0.00035
14000	0.0049	0.0051	0.0050	0.0127	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	77.68	0.00042
16000	0.0060	0.0063	0.0062	0.0156	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	88.77	0.00052
18000	0.0070	0.0068	0.0069	0.0175	15.10	15.20	15.15	180.23	31.20	99.87	0.00056
20000	0.0078	0.0078	0.0078	0.0198	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	110.97	0.00066
22000	0.0087	0.0087	0.0087	0.0221	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	122.06	0.00073
24000	0.0096	0.0096	0.0096	0.0244	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	133.16	0.00081
26000	0.0105	0.0106	0.0106	0.0268	15.10	15.20	15.15	180.23	30.20	144.26	0.00089

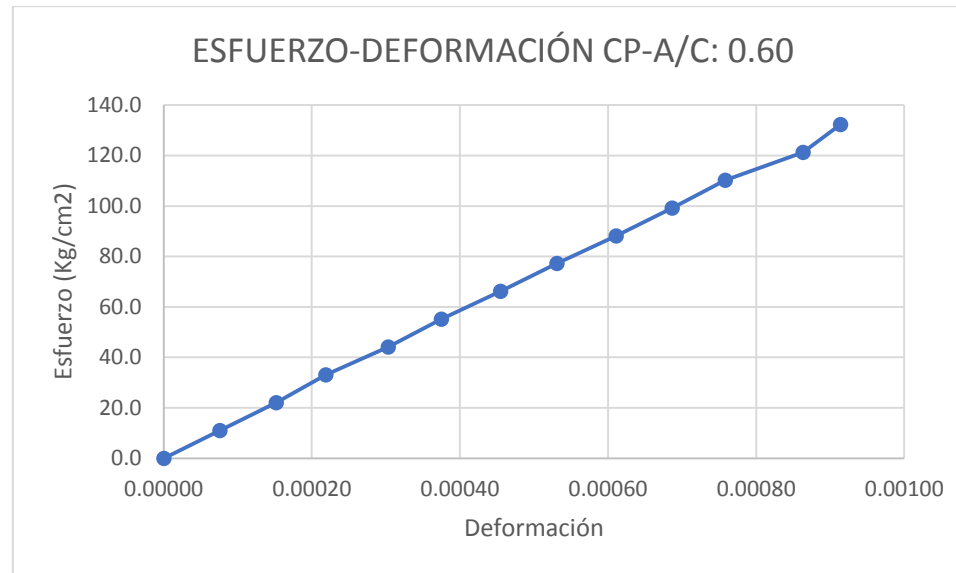
CP: A/C	Esfuerzo último 100% (kg/cm ²)	Esfuerzo 40% (kg/cm ²)	Carga 40% (Kg)	Esfuerzos (kg/cm ²)		Def. Unitarias		Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
				S1	S2	e1	e2	
0.55	337.23	134.892	24311.93	21.99	134.89	0.00005	0.00082	146649.47



Concreto Patrón A/C: 0.60

FUERZA (Kg)	LECTURA		DEFORMACIÓN		DIMENSIONES DE PROBETA					Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unit.
	Nº1 (pulg)	Nº (pulg)	Prom. (pulg)	Prom (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm2)	Long (cm)		
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	0.0	0.00000
2000	0.0010	0.0008	0.0009	0.0023	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	11.02	0.00008
4000	0.0017	0.0019	0.0018	0.0046	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	22.05	0.00015
6000	0.0027	0.0025	0.0026	0.0066	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	33.07	0.00022
8000	0.0036	0.0036	0.0036	0.0091	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	44.10	0.00030
10000	0.0044	0.0045	0.0045	0.0113	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	55.12	0.00037
12000	0.0054	0.0054	0.0054	0.0137	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	66.14	0.00045
14000	0.0064	0.0062	0.0063	0.0160	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	77.17	0.00053
16000	0.0073	0.0072	0.0073	0.0184	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	88.19	0.00061
18000	0.0081	0.0082	0.0082	0.0207	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	99.22	0.00069
20000	0.0090	0.0090	0.0090	0.0229	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	110.24	0.00076
22000	0.0103	0.0102	0.0103	0.0260	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	121.26	0.00086
24000	0.0108	0.0109	0.0109	0.0276	15.20	15.20	15.20	181.42	30.15	132.29	0.00091

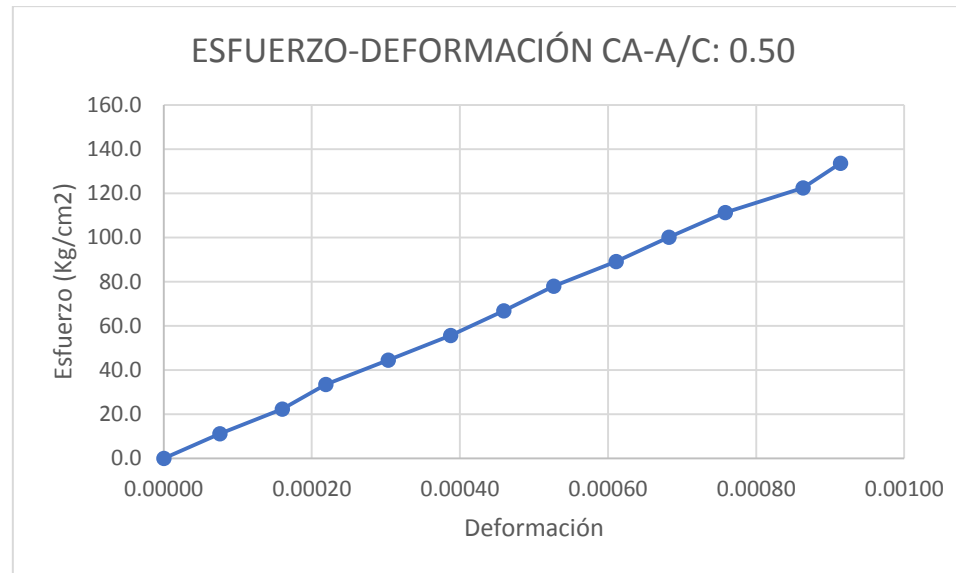
CP: A/C	Esfuerzo último 100% (kg/cm ²)	Esfuerzo 40% (kg/cm ²)	Carga 40% (Kg)	Esfuerzos (kg/cm ²)		Def. Unitarias		Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
				S1	S2	e1	e2	
0.60	315.46	126.184	22892.83	7.27	126.18	0.00005	0.00089	142228.26



Concreto Expansivo A/C: 0.50

FUERZA (Kg)	LECTURA		DEFORMACIÓN		DIMENSIONES DE PROBETA					Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit.
	Nº1 (pulg)	Nº (pulg)	Prom. (pulg)	Prom (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)		
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	0.0	0.00000
2000	0.0012	0.0006	0.0009	0.0023	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	11.13	0.00008
4000	0.0019	0.0019	0.0019	0.0048	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	22.27	0.00016
6000	0.0027	0.0025	0.0026	0.0066	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	33.40	0.00022
8000	0.0036	0.0036	0.0036	0.0091	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	44.53	0.00030
10000	0.0047	0.0045	0.0046	0.0117	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	55.67	0.00039
12000	0.0055	0.0054	0.0055	0.0138	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	66.80	0.00046
14000	0.0064	0.0061	0.0063	0.0159	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	77.93	0.00053
16000	0.0073	0.0072	0.0073	0.0184	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	89.07	0.00061
18000	0.0080	0.0082	0.0081	0.0206	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	100.20	0.00068
20000	0.0090	0.0090	0.0090	0.0229	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	111.33	0.00076
22000	0.0104	0.0101	0.0103	0.0260	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	122.47	0.00086
24000	0.0110	0.0107	0.0109	0.0276	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	133.60	0.00091

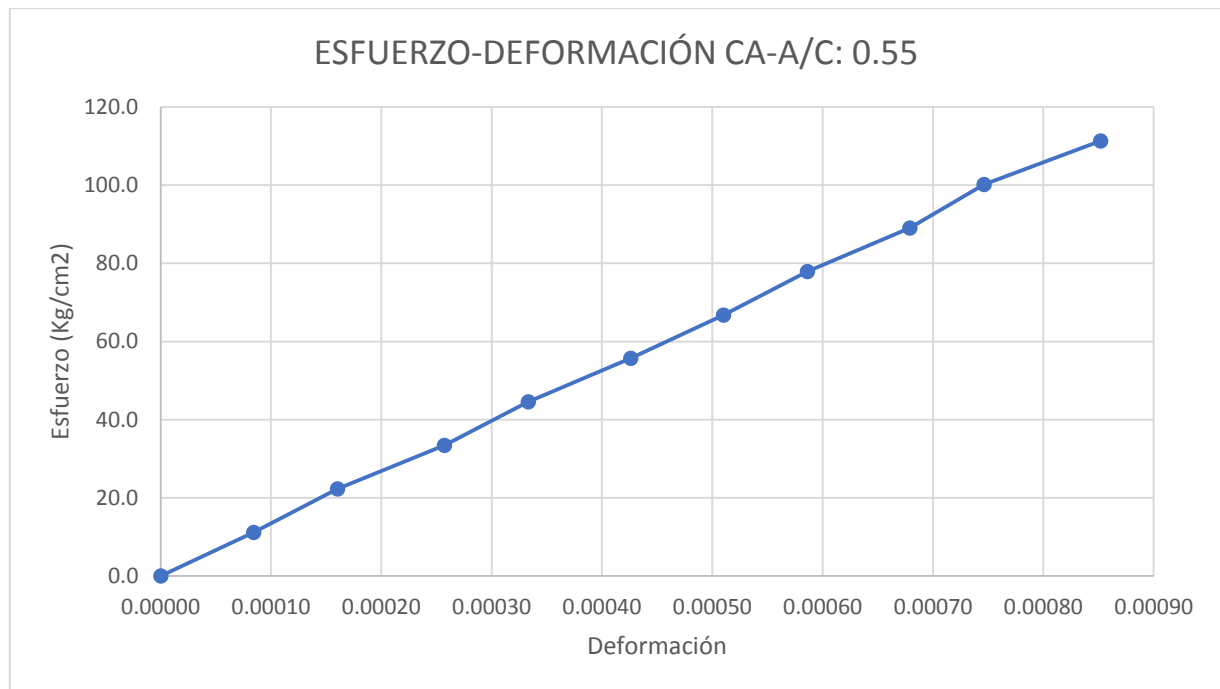
CA: A/C	Esfuerzo último 100% (kg/cm ²)	Esfuerzo 40% (kg/cm ²)	Carga 40% (Kg)	Esfuerzos (kg/cm ²)		Def. Unitarias		Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
				S1	S2	e1	e2	
0.50	320.57	128.228	23034.65	7.34	128.23	0.00005	0.00089	143969.35



Concreto Expansivo A/C: 0.55

FUERZA (Kg)	LECTURA		DEFORMACIÓN		DIMENSIONES DE PROBETA					Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unit.
	Nº1 (pulg)	Nº (pulg)	Prom. (pulg)	Prom (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm2)	Long (cm)		
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	0.0	0.00000
2000	0.0009	0.0011	0.0010	0.0025	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	11.13	0.00008
4000	0.0018	0.0020	0.0019	0.0048	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	22.27	0.00016
6000	0.0030	0.0031	0.0031	0.0077	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	33.40	0.00026
8000	0.0039	0.0040	0.0040	0.0100	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	44.53	0.00033
10000	0.0050	0.0051	0.0051	0.0128	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	55.67	0.00043
12000	0.0061	0.0060	0.0061	0.0154	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	66.80	0.00051
14000	0.0070	0.0069	0.0070	0.0177	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	77.93	0.00059
16000	0.0081	0.0080	0.0081	0.0204	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	89.07	0.00068
18000	0.0090	0.0087	0.0089	0.0225	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	100.20	0.00075
20000	0.0102	0.0100	0.0101	0.0257	15.15	15.10	15.13	179.64	30.12	111.33	0.00085

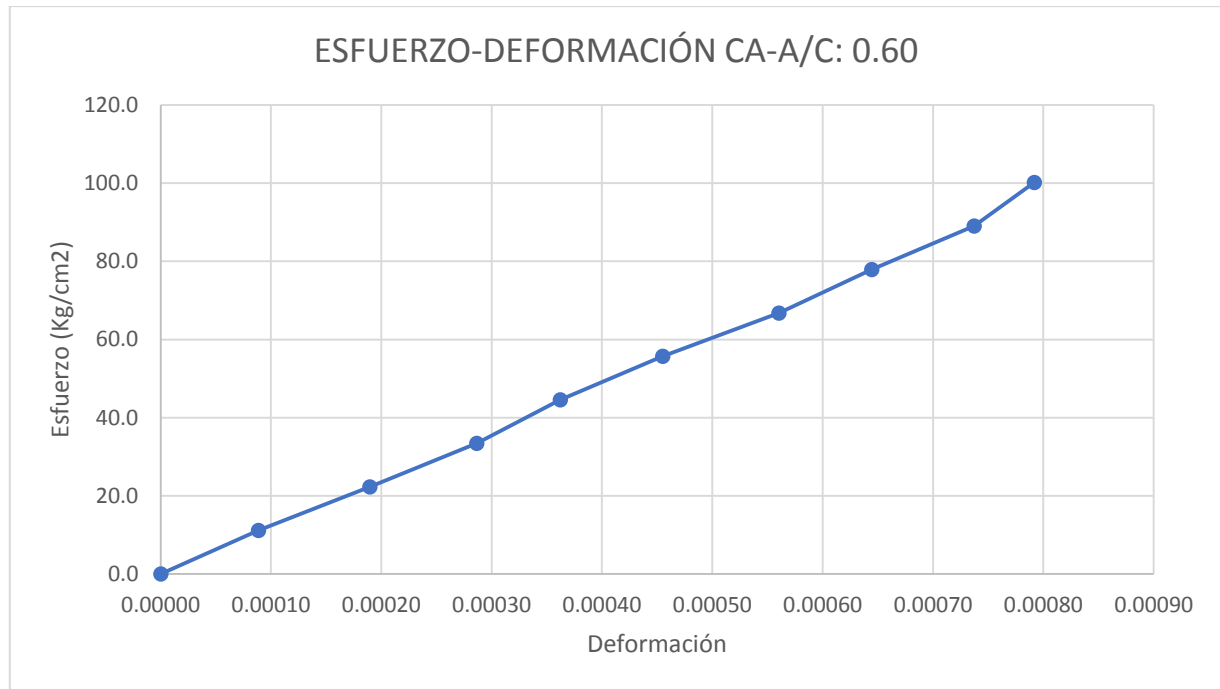
CA: A/C	Esfuerzo último 100% (kg/cm ²)	Esfuerzo 40% (kg/cm ²)	Carga 40% (Kg)	Esfuerzos (kg/cm ²)		Def. Unitarias		Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
				S1	S2	e1	e2	
0.55	265.32	106.128	19064.64	6.60	106.13	0.00005	0.00080	132274.25



Concreto Expansivo A/C: 0.60

FUERZA (Kg)	LECTURA		DEFORMACIÓN		DIMENSIONES DE PROBETA					Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit.
	Nº1 (pulg)	Nº (pulg)	Prom. (pulg)	Prom (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	D prom (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)		
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	0.0	0.00000
2000	0.0011	0.0010	0.0011	0.0027	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	11.13	0.00009
4000	0.0023	0.0022	0.0023	0.0057	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	22.27	0.00019
6000	0.0033	0.0035	0.0034	0.0086	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	33.40	0.00029
8000	0.0042	0.0044	0.0043	0.0109	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	44.53	0.00036
10000	0.0055	0.0053	0.0054	0.0137	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	55.67	0.00045
12000	0.0067	0.0066	0.0067	0.0169	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	66.80	0.00056
14000	0.0077	0.0076	0.0077	0.0194	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	77.93	0.00064
16000	0.0087	0.0088	0.0088	0.0222	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	89.07	0.00074
18000	0.0095	0.0093	0.0094	0.0239	15.15	15.10	15.13	179.64	30.15	100.20	0.00079

CA: A/C	Esfuerzo último 100% (kg/cm2)	Esfuerzo 40% (kg/cm2)	Carga 40% (Kg)	Esfuerzos (kg/cm2)		Def. Unitarias		Módulo de Elasticidad (kg/cm2)
				S1	S2	e1	e2	
0.60	248.24	99.296	17837.36	6.29	99.30	0.00005	0.00079	126113.48



EXPANSIÓN

A/C:0.50, Lp: 298mm				
T (min)	L (0.001in)	T (horas)	L (mm)	% Def.
0.00	0.00	0.00	0.000	0.000%
10.00	-3.00	0.17	-0.076	-0.026%
20.00	-4.00	0.33	-0.102	-0.034%
30.00	-4.00	0.50	-0.102	-0.034%
40.00	-4.00	0.67	-0.102	-0.034%
50.00	-3.00	0.83	-0.076	-0.026%
60.00	-3.00	1.00	-0.076	-0.026%
75.00	5.00	1.25	0.127	0.043%
90.00	22.00	1.50	0.559	0.188%
120.00	27.00	2.00	0.686	0.230%
150.00	29.00	2.50	0.737	0.247%
180.00	29.00	3.00	0.737	0.247%
1440.00	29.00	24.00	0.737	0.247%

A/C:0.55, Lp: 300mm				
T (min)	L (0.001in)	T (horas)	L (mm)	% Def.
0.00	0.00	0.00	0.000	0.000%
10.00	-3.00	0.17	-0.076	-0.025%
20.00	-4.00	0.33	-0.102	-0.034%
30.00	-4.00	0.50	-0.102	-0.034%
40.00	-4.00	0.67	-0.102	-0.034%
50.00	-4.00	0.83	-0.102	-0.034%
60.00	-3.00	1.00	-0.076	-0.025%
75.00	5.00	1.25	0.127	0.042%
90.00	23.00	1.50	0.584	0.195%
120.00	27.00	2.00	0.686	0.229%
150.00	29.00	2.50	0.737	0.246%
180.00	30.00	3.00	0.762	0.254%
1440.00	30.00	24.00	0.762	0.254%

A/C:0.60, Lp: 299mm				
T (min)	L (0.001in)	T (horas)	L (mm)	% Def.
0.00	0.00	0.00	0.000	0.000%
10.00	-3.00	0.17	-0.076	-0.025%
20.00	-4.00	0.33	-0.102	-0.034%
30.00	-3.00	0.50	-0.076	-0.025%
40.00	-3.00	0.67	-0.076	-0.025%
50.00	-3.00	0.83	-0.076	-0.025%
60.00	-2.00	1.00	-0.051	-0.017%
75.00	7.00	1.25	0.178	0.059%
90.00	24.00	1.50	0.610	0.204%
120.00	28.00	2.00	0.711	0.238%
150.00	29.00	2.50	0.737	0.246%
180.00	31.00	3.00	0.787	0.263%
1440.00	31.00	24.00	0.787	0.263%

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Concreto Patrón A/C: 0.50

Partida	CP A/C: 0.50		EQ. 12.0000		Costo unitario directo por : m3		465.45
Rendimiento	m3/DIA	12.0000					
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0667	22.10	1.47
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	20.10	13.40
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	16.50	11.00
0101010005	PEON		hh	8.0000	5.3333	14.85	79.20
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3.0000	2.0000	20.10	40.20
							145.27
Materiales							
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"		m3		0.4340	47.84	20.76
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5003	44.07	22.05
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2956	0.82	0.24
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		14.8200	18.22	270.02
							313.07
Equipos							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	1.0000	0.0833	5.32	0.44
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
							7.11

Concreto Patrón A/C: 0.55

Partida	CP A/C: 0.55		EQ. 12.0000		Costo unitario directo por : m3		449.38
Rendimiento	m3/DIA	12.0000					
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0667	22.10	1.47
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	20.10	13.40
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	16.50	11.00
0101010005	PEON		hh	8.0000	5.3333	14.85	79.20
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3.0000	2.0000	20.10	40.20
							145.27
Materiales							
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"		m3		0.4355	47.84	20.83
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5019	44.07	22.12
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.3060	0.82	0.25
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		13.9300	18.22	253.80
							297.00
Equipos							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	1.0000	0.0833	5.32	0.44
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67

7.11

Concreto Patrón A/C: 0.60

Partida			CP A/C: 0.60		Costo unitario directo por :		
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	m3	414.10	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0667	22.10	1.47
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	20.10	13.40
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	16.50	11.00
0101010005	PEON		hh	8.0000	5.3333	14.85	79.20
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3.0000	2.0000	20.10	40.20
							145.27
Materiales							
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"		m3		0.4825	47.84	23.08
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5562	44.07	24.51
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2777	0.82	0.23
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		11.7400	18.22	213.90
							261.72
Equipos							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	1.0000	0.0833	5.32	0.44
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
							7.11

Concreto Expansivo A/C: 0.50

Partida			CA A/C: 0.50		Costo unitario directo por :		
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	m3	631.27	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0667	22.10	1.47
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	20.10	13.40
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	16.50	11.00
0101010005	PEON		hh	8.0000	5.3333	14.85	79.20
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	3.0000	2.0000	20.10	40.20
							145.27
Materiales							
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"		m3		0.4340	47.84	20.76
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.5003	44.07	22.05
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.2956	0.82	0.24
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		14.8200	18.22	270.02
02221500010022	ADITIVO EXPANSIVO		kg		12.6000	13.16	165.82
							478.89
Equipos							
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	1.0000	0.0833	5.32	0.44
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
							7.11

Concreto Expansivo A/C: 0.55

Partida	CA A/C: 0.55			Costo unitario directo por :		
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	m3		605.06
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	22.10	1.47
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	20.10	13.40
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	16.50	11.00
0101010005	PEON	hh	8.0000	5.3333	14.85	79.20
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	3.0000	2.0000	20.10	40.20
						145.27
Materiales						
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.4355	47.84	20.83
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5019	44.07	22.12
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.3060	0.82	0.25
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		13.9300	18.22	253.80
02221500010022	ADITIVO EXPANSIVO	kg		11.8300	13.16	155.68
						452.68
Equipos						
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	día	1.0000	0.0833	5.32	0.44
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
						7.11

Concreto Expansivo A/C: 0.60

Partida	CA A/C: 0.60			Costo unitario directo por :		
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	m3		545.44
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0667	22.10	1.47
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	20.10	13.40
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	16.50	11.00
0101010005	PEON	hh	8.0000	5.3333	14.85	79.20
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	3.0000	2.0000	20.10	40.20
						145.27
Materiales						
02070100010004	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.4825	47.84	23.08
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5562	44.07	24.51
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2777	0.82	0.23
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		11.7400	18.22	213.90
02221500010022	ADITIVO EXPANSIVO	kg		9.9800	13.16	131.34
						393.06
Equipos						
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	día	1.0000	0.0833	5.32	0.44
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
						7.11

ANEXO D – PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N° 2: Muestra sacada del horno después del 24h



Figura N° 3: Tamizado del agregado fino



Figura N° 4: Tamizado del agregado grueso

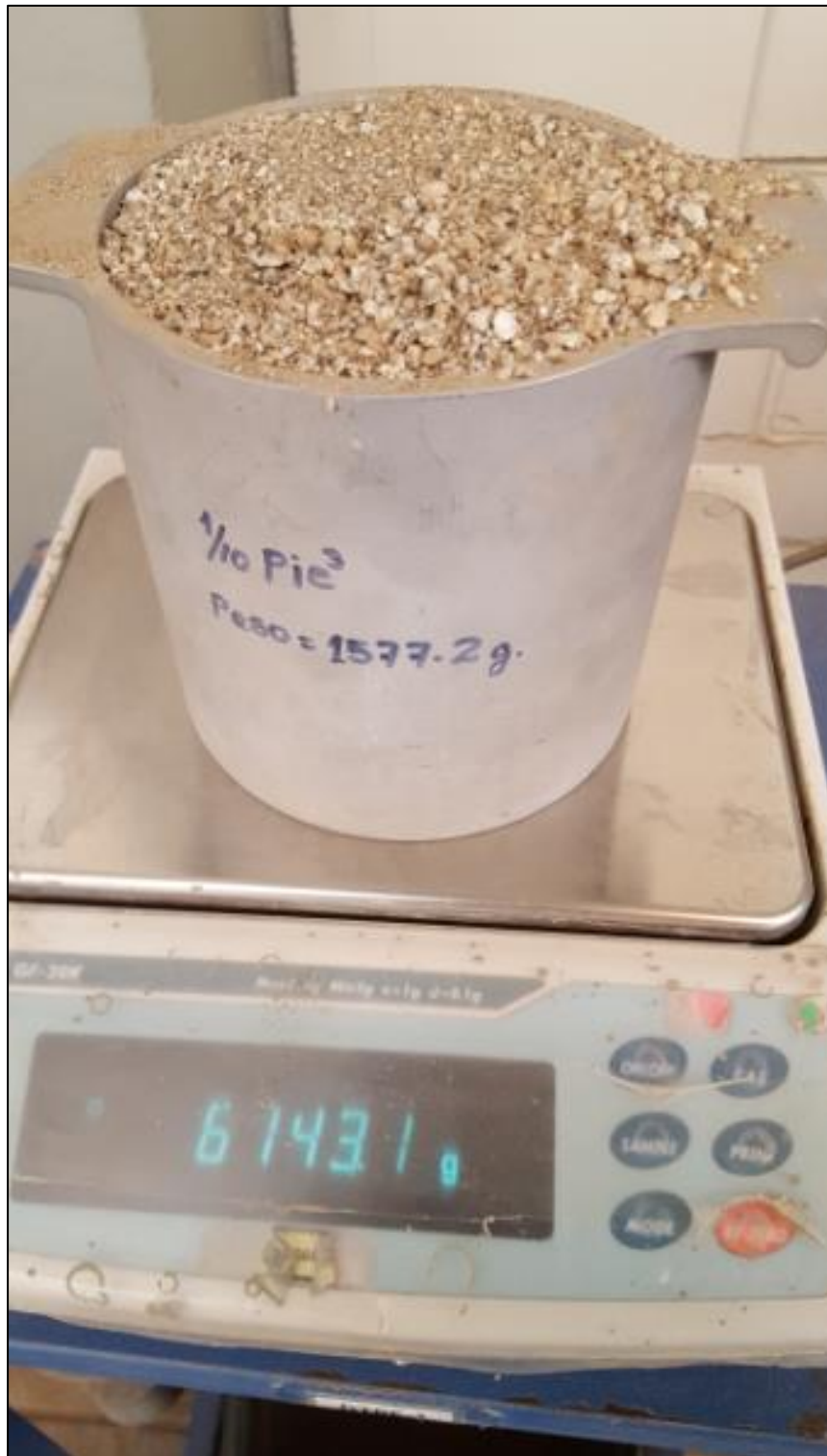


Figura N° 5: Pesado del agregado fino suelto



Figura N° 6: Compactado del agregado fino



Figura N° 7: Pesado del agregado grueso suelto



Figura N° 8: Compactado del agregado grueso



Figura N° 9: Pesado del agregado global



Figura N° 10: Puesta en agua del agregado fino (saturación)



Figura N° 11: Pesado del agregado grueso saturado



Figura N° 12: Inspección del agregado fino en condición SSS



Figura N° 13: Pesado del agregado fino para obtener el PE



Figura N° 14: Probetas para determinar la relación P/A



Figura N° 15: Probetas reventadas para obtener la relación P/A



Figura N° 16: Insumos del concreto expansivo



Figura N° 17: Determinación del asentamiento del concreto



Figura N° 18: Uso del aditivo expansivo Intraplast Pe de Sika



Figura N° 19: Medición del diámetro en mesa de vibración del concreto



Figura N° 20: Determinación del PU del concreto



Figura N° 21: Llenado de moldes (chuceando)



Figura N° 22: Lote de probetas de CP A/C: 0.55



Figura N° 23: Rotura de probetas a los 28 días



Figura N° 24: Ensayo de compresión axial de probetas



Figura N° 25: Ensayo de Tracción por compresión diametral



Figura N° 26: Probetas para ensayo de Modulo Elástico



Figura N° 27: Medición de expansión de probetas