Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR

Marco Antonio LEONARDO GONZALES

ASESOR

Dr. Luis Miguel MORAN YAÑEZ

Lima, Perú

2023

Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Leonardo, M. (2023). *Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Marco Antonio Leonardo Gonzales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70370932
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-3235-8653
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Luis Miguel Moran Yañez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06118148
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0695-8829
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Gerber Josafatt Zavala Ascaño
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	22521894
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Edgar Gabriel Jimenez Rodrigo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07553168
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Angely Paola Valle Castro
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	47649378
Datos de investigación	

Línea de investigación	Infraestructura moderna y patrimonial
Grupo de investigación	Infraestructura sostenible y resiliente
Agencia de financiamiento	Perú. Sika Perú S.A.C. Perú. Mixercon S.A.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Planta Sika Perú País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lurín Habilitación industrial: El Lúcumo Manzana y lote: Mz B Lote 6 Latitud: -12.27341 Longitud: -76.82430
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día lunes 08 de mayo del 2023, siendo las 12:30 horas en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. GERBER JOSAFATT ZAVALA ASCAÑO	Presidente
Mg. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO	Miembro
Mg. ANGELY PAOLA VALLE CASTRO	Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: «***Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima***», presentada por el Bachiller ***MARCO ANTONIO LEONARDO GONZALES*** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, asesorado por el Dr. Luis Miguel Morán Yáñez.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon al Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a: a Satisfacción del Jurado

Concluida la Sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue: Aprobado (15)-Quince

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el ***TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL***, al Bachiller ***MARCO ANTONIO LEONARDO GONZALES***.

Siendo las 13:47 , se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 08 de mayo de 2023

Dr. GERBER JOSAFATT ZAVALA ASCAÑO
PRESIDENTE

Mg. ANGELY PAOLA VALLE CASTRO
MIEMBRO

Mg. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO
MIEMBRO

Dr. LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
DIRECTOR
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD
Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

ESCUELA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

AUTORIDAD ACADÉMICA QUE EMITE EL INFORME DE ORIGINALIDAD
Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

APELLIDOS Y NOMBRES DE LA AUTORIDAD ACADÉMICA
Dr. Luis Miguel Morán Yáñez

OPERADOR DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES
Doris Elizabeth Vasquez Vasquez

DOCUMENTO EVALUADO:
Tesis para optar el Grado Académico de INGENIERO CIVIL titulado: «***Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima*** »

AUTOR DEL DOCUMENTO:
Bach. ***MARCO ANTONIO LEONARDO GONZALES***

FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO:
21/09/2022
FECHA DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES:
03/04/2023

SOFTWARE UTILIZADO
Turnitin

CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES
- Excluye textos entrecomillados
- Excluye fuentes para buscar similitud
- Excluye Bibliografía
- Excluye cadenas menores a 35 palabras

PORCENTAJE DE SIMILITUDES SEGÚN PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES
Seis por ciento (06%)

FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS

Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	7%	4%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	vsip.info Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1%

9	about.unimelb.edu.au Fuente de Internet	<1 %
10	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
15	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
16	1library.co Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
20	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %

21	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 40 words
Excluir bibliografía	Activo		

OBSERVACIONES
Ninguna

CALIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD
Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones
27/06/2023

Atentamente,

UNMSM
Firmado digitalmente por MORAN YAÑEZ Luis Miguel FAU 20148092282 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27.06.2023 20:52:07 -05:00

Dr. LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ
Director de la E.P. de Ingeniería Civil
FIGMMG - UNMSM

DEDICATORIA

A mi querida Madre, Genma Gonzales, por su amor incondicional y ejemplo a seguir de esfuerzo, fortaleza y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ing. Guillermo Di Pace por sus consejos para seguir este camino de la investigación.

A mi asesor de tesis, el Dr. Ing. Luis Miguel Morán Yáñez, por la guía y seguimiento en la realización de la tesis.

A la empresa de aditivos SIKA Perú S.A y a la empresa de concreto premezclado Mixercon S.A por el financiamiento y apoyo técnico.

Al Ing. Osmar Valverde por los conocimientos impartidos y su respaldo en todas las etapas de la investigación.

Al Ing. William Acevedo por el apoyo y confianza para realizar esta investigación.

A mis profesores, el Ing. Antonio Mendoza y el Ing. Ricardo Santos, quienes me incentivaron en el estudio de la tecnología del concreto desde mi etapa de pregrado.

A mi amigo, Antonio García, por su apoyo incondicional en etapas fundamentales de la investigación.

RESUMEN

Las juntas representan un problema potencial en los pisos de concreto al ser la parte más vulnerable del piso y requerir reparaciones. La presente investigación tiene como finalidad reducir las juntas en los pisos, mediante la adición de un aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA por sus siglas en inglés), a base de óxido de magnesio y éter glicol, en el concreto. El objetivo de la investigación es evaluar la influencia de un aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima. Se evaluaron 8 tipos de mezclas de concreto para pisos clase 6 (f'c ≥ 24 MPa) según el ACI 302. Estas mezclas se realizaron con dos tipos de cemento (tipo I y tipo HS) y dosis de aditivo del 0%, 2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento. Se midió la trabajabilidad (Cook, 2015), la resistencia a la compresión (ASTM C39), la resistencia a la flexión (ASTM C78) y la contracción (ASTM C157 modificado) del concreto. Luego, se calculó la distancia entre juntas en pisos de concreto (e=20cm) en función a los valores de contracción última, estimados mediante un ajuste no lineal a los valores de contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157. Los resultados indican que el SCRA en dosis del 2%,4.5% y 7% reducen la contracción en 10%,22% y 38% en el concreto con cemento tipo I y en 10%,22% y 34% en el concreto con cemento tipo HS; además, mejora la trabajabilidad y no afecta en la resistencia a la compresión y flexión del concreto. Por otra parte, la contracción última del concreto se estimó con un nivel de correlación superior a 0.99 para el concreto con cemento tipo I, cemento tipo HS y SCRA. Luego, la distancia entre juntas calculada para los pisos de concreto (e=20cm) con cemento tipo I y SCRA en dosis del 0%, 2%, 4.5% y 7% fue de 4.5 m, 5.1 m, 5.9 m y 7.3 m, mientras que para pisos de concreto con cemento tipo HS y SCRA en dosis del 0%, 2%, 4.5% y 7 % fue de 6.0 m, 7.0 m, 7.6 m y 8.2 m. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto reduce las juntas en los pisos de la ciudad de Lima.

Palabras clave: *Aditivo compensador y reductor de la contracción, contracción del concreto, estimación de la contracción, distancia entre juntas, pisos de concreto y tipos de cemento.*

ABSTRACT

Joints represent a potential problem in concrete floors as they are the most vulnerable part of the floor and require repairs. The present investigation aims to reduce joints in floors by adding a magnesium oxide and ether glycol ether-based shrinkage compensating and reducing admixture (SCRA) to concrete. The objective of the research is to evaluate the influence of a shrinkage compensating and reducing admixture in concrete to reduce joints in floors in the city of Lima. Eight types of concrete mixes for class 6 floors (f'c ≥ 24 MPa) according to ACI 302 were evaluated. These mixes were made with two types of cement (type I and type HS) and admixture doses of 0%, 2%, 4.5% and 7% with respect to the weight of cement. The workability (Cook, 2015), compressive strength (ASTM C39), flexural strength (ASTM C78) and shrinkage (modified ASTM C157) of the concrete were measured. Then, the joint spacing in concrete floors (e=20cm) was calculated based on the ultimate shrinkage values estimated by a nonlinear fit to the shrinkage values obtained in the ASTM C157 test. The results indicate that SCRA in doses of 2%, 4.5% and 7% reduce shrinkage by 10%, 22% and 38% in concrete with type I cement and by 10%, 22% and 34% in concrete with type HS cement; in addition, it improves workability and does not affect the compressive and flexural strength of the concrete. On the other hand, the ultimate shrinkage of concrete was estimated with a correlation level higher than 0.99 for concrete with type I cement, type HS cement and SCRA. Then, the calculated joint spacing for concrete floors (e=20cm) with type I cement and SCRA at dosages of 0%, 2%, 4.5% and 7% was 4.5 m, 5.1 m, 5.9 m and 7.3 m, while for concrete floors with type HS cement and SCRA at dosages of 0%, 2%, 4.5% and 7 % was 6.0 m, 7.0 m, 7.6 m and 8.2 m. Therefore, it is concluded that the shrinkage compensator and reducer admixture in concrete reduces the joints in the floors of the city of Lima.

Key words: *Shrinkage compensating and reducing admixture, concrete shrinkage, shrinkage estimation, joint spacing, concrete floors and cement types.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN 4

ABSTRACT 5

1. INTRODUCCIÓN 15

1.1. Planteamiento del Problema 15

1.1.1. Descripción de la Problemática 15

1.1.2. Formulación del Problema 18

1.2. Objetivos de la Investigación 18

1.2.1. Objetivo General 18

1.2.2. Objetivos Específicos 18

1.3. Importancia y Alcance de la Investigación 19

1.3.1. Importancia de la Investigación 19

1.3.2. Alcance de la Investigación 21

1.4. Limitaciones de la Investigación 22

2. MARCO TEÓRICO 23

2.1. Antecedentes 23

2.1.1. Antecedentes Nacionales 23

2.1.2. Antecedentes Internacionales 25

2.2. Bases Teóricas 28

2.2.1. Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto 28

2.2.1.1. Tipos de cemento 33

2.2.1.2. Cemento tipo I 35

2.2.1.3. Cemento tipo HS 36

2.2.2. Las juntas en los pisos 37

2.2.2.1. Diseño de juntas y tipos de juntas 41

2.2.2.1.1. Juntas de aislamiento 43

2.2.2.1.2. Juntas de expansión 44

2.2.2.1.3. Juntas de construcción 45

2.2.2.1.4. Juntas de contracción 47

2.2.2.2. Distancia entre Juntas 48

2.2.2.2.1. La contracción última del concreto 51

2.2.2.2.2. Espesor del piso 52

2.2.2.3. Propiedades del concreto para pisos 53

2.2.2.3.1. Trabajabilidad del Concreto 54

2.2.2.3.2. Resistencia a la Compresión 59

2.2.2.3.3. Resistencia a la flexión 61

2.2.2.3.4. Contracción del Concreto 61

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES 64

3.1. La Hipótesis 64

3.1.1. Hipótesis General 64

3.1.2. Hipótesis Especificas 64

3.2. Variables 64

3.2.1. Variable Independiente 64

3.2.2. Variable Dependiente 65

3.3. Operacionalización de variables 66

4. MATERIALES Y MÉTODOS 67

4.1. Área de Estudio 67

4.2. Materiales 67

4.2.1. Agregados 67

4.2.2. Cementos 69

4.2.3. Aditivos 71

4.3. Diseño de la investigación 73

4.4. Población y Muestra de la Investigación 74

4.5. Procedimiento, Técnicas e Instrumentos y/o Fuentes de Recolección de Información 74

4.5.1. Procedimiento 74

4.5.2. Técnicas e Instrumentos y/o Fuentes de Recolección de Información 76

4.6. Análisis estadístico 93

5. RESULTADOS 93

5.1. Diseño de mezcla del concreto 93

5.2. Propiedades del concreto para pisos 97

5.2.1. Trabajabilidad del concreto 97

5.2.2. Resistencia a la compresión del concreto 100

5.2.3. Resistencia a la flexión del concreto 102

5.2.4. Contracción del concreto 104

5.3. Distancia entre juntas 107

6. DISCUSIÓN 120

7. CONCLUSIONES 126

8. RECOMENDACIONES 128

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 129

10. ANEXOS 136

ANEXO A. CALCULO ESTADÍSTICO 137

ANEXO B. MATRIZ DE CONSISTENCIA 141

ANEXO C. RESULTADOS DE ENSAYO ASTM C157. 143

ANEXO D. RESULTADOS DE ENSAYO ASTM C39 158

ANEXO E. RESULTADOS DE ENSAYO ASTM C78 165

ANEXO F. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ADITIVO SIKA CONTROL NS 172

ANEXO G. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CEMENTO TIPO I Y CEMENTO TIPO HS 176

ANEXO H. FOTOS DE ENSAYOS Y MEZCLAS 181

Lista de Tablas

Tabla 1 Participación de los tipos de cemento en el mercado nacional en el 2018 35

Tabla 2 Cantidad de especímenes para ensayo de cambio de longitud del concreto 86

Tabla 3 Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la compresión 88

Tabla 4 Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la flexión del concreto 89

Tabla 5 Dosificación de la mezcla de concreto tipo I con SCRA..... 96

Tabla 6 Dosificación de la mezcla de concreto tipo HS con SCRA 96

Tabla 7 Calificación de la observación visual de las mezclas de concreto con y sin SCRA 98

Tabla 8 Escala de trabajabilidad para el concreto tipo I y SCRA al 4.5% 99

Tabla 9 Valores de resistencia a la compresión del concreto tipo I con SCRA 100

Tabla 10 Valores de resistencia a la compresión del concreto tipo HS con SCRA 101

Tabla 11 Valores de resistencia a la flexión del concreto tipo I con SCRA 102

Tabla 12 Valores de resistencia a la flexión del concreto tipo HS con SCRA 103

Tabla 13 Valores de contracción del concreto tipo I con SCRA 104

Tabla 14 % de reducción de la contracción del concreto tipo I con SCRA..... 105

Tabla 15 Valores de contracción del concreto tipo HS con SCRA..... 106

Tabla 16 % de reducción de la contracción del concreto tipo HS con SCRA 106

Tabla 17 Valores de cambio de longitud de las mezclas de concreto 108

Tabla 18 Valores de contracción del concreto para el ajuste no lineal 108

Tabla 19 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I 109

Tabla 20 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 2%..... 110

Tabla 21 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 4.5%..... 111

Tabla 22 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 7%..... 112

Tabla 23 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS 113

Tabla 24 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 2% 114

Tabla 25 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 4.5% 115

Tabla 26 Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 7% 116

Tabla 27 Predicción de la contracción ultima utilizando mediciones a diferentes edades..... 117

Tabla 28 Parámetros de entrada y valores utilizados para el cálculo de la distancia entre juntas 118

Tabla 29 Distancia entre juntas para pisos de concreto (e=20cm) con SCRA 118

Tabla 30 Resultados de prueba de t de student del concreto tipo I y SCRA 138

Tabla 31 Resultados de prueba de t de student del concreto tipo HS y SCRA 139

Tabla 32 Resultado de la prueba t de student del concreto de control tipo I y tipo HS 140

Lista de Figuras

Figura 1. Contracción libre y fisuración en pisos de concreto 15

Figura 2. Junta típica por contracción en un piso de concreto 16

Figura 3. Cambio de longitud de un concreto con cemento portland y de contracción compensada 29

Figura 4. Influencia del SRA en los concretos de contracción compensada 30

Figura 5. Opciones de aditivos para mitigar la contracción 32

Figura 6. Identificación de los tipos de cemento utilizados en Perú según marcas 34

Figura 7. Junta de contracción en el piso para el control de la fisuración 37

Figura 8. Piso de concreto conectado y separado por juntas 38

Figura 9. Junta deteriorada en un piso de concreto 39

Figura 10. Diseño de juntas para un piso de concreto interno típico con juntas y sin refuerzo 42

Figura 11. Junta típica de aislamiento 44

Figura 12. Junta típica de expansión 44

Figura 13. Junta longitudinal típica de construcción 45

Figura 14. Junta transversal típica de construcción 46

Figura 15. Junta de contracción típica en piso de concreto con o sin refuerzo 47

Figura 16. Distancia entre juntas en pisos de concreto según la PCA 49

Figura 17. Distancia entre juntas para pisos de concreto según el ACI Committee 360 (2006) 50

Figura 18. Espesores mínimos para pisos industriales y comerciales de carga ligera 53

Figura 19. Asentamiento del concreto según la norma ASTM C143 55

Figura 20. Método de observación visual para las mezclas de concreto 57

Figura 21. Acabado de superficie con Bull Float 58

Figura 22. Medición de los parámetros reológicos con el reómetro ICAR 59

Figura 23. Recomendaciones de resistencia y asentamiento para diferentes pisos de concreto 60

Figura 24. Producción de concreto en Mixercon-planta villa 2 67

Figura 25. Almacenamiento de agregados en Mixercon - Planta villa 2 68

Figura 26. Transporte de agregados a la planta de Sika Perú 68

Figura 27. Agregados utilizados en la investigación 69

Figura 28. Propiedades del cemento tipo I - Nacional 69

Figura 29. Propiedades del cemento tipo HS - Nacional 70

Figura 30. Componentes de Sika Control NS 72

Figura 31. Gráfico de la tarántula para aplicaciones de concreto fluido 80

Figura 32. Adición de los agregados y SCRA a la mezcla de concreto 81

Figura 33. Pruebas realizadas para determinar la trabajabilidad del concreto 82

Figura 34. Sistemas de calificación del rendimiento de la trabajabilidad 83

Figura 35. Escala de rangos para calificar la trabajabilidad de una mezcla 83

Figura 36. Medición del tiempo de fragua según la norma ASTM C403 84

Figura 37. Moldes ASTM C490 con pernos estandarizados 85

Figura 38. Medición del cambio de longitud según la norma ASTM C157 87

Figura 39. Rotura de probeta en LEM SIKA según la norma ASTM C39 87

Figura 40. Ensayo de vigas de acuerdo a la norma ASTM C78 89

Figura 41. Curvas granulométricas de los agregados utilizados en la investigación 94

Figura 42. Optimización de agregados en el gráfico de la tarántula 95

Figura 43. Asentamiento de las mezclas de concreto con SCRA y sin SCRA 97

Figura 44. Mezclas de concreto con SCRA y sin SCRA para la observación visual 98

Figura 45. Acabado superficial de las mezclas de concreto 99

Figura 46. Resistencia a la compresión del concreto tipo I con SCRA 100

Figura 47. Resistencia a la compresión del concreto tipo HS con SCRA 101

Figura 48. Resistencia a la flexión del concreto tipo I con SCRA 102

Figura 49. Resistencia a la flexión del concreto tipo HS con SCRA 103

Figura 50. Cambio de longitud del concreto tipo I con SCRA 104

Figura 51. Cambio de longitud del concreto tipo HS con SCRA 105

Figura 52. Comparativo de cambio de longitud del concreto tipo I, tipo HS con SCRA 107

Figura 53. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I 109

Figura 54. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I y SCRA al 2 %..... 110

Figura 55. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I y SCRA al 4.5%..... 111

Figura 56. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I y SCRA al 7%. 112

Figura 57. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS 113

Figura 58. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS y SCRA al 2% 114

Figura 59. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS y SCRA al 4.5% 115

Figura 60. Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS y SCRA al 7%. 116

Figura 61. Distancia entre juntas para el concreto con diferentes dosis de SCRA 119

Figura 62. Distancia entre juntas para diferentes valores de contracción ultima..... 120

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Descripción de la Problemática

El concreto es el material de construcción más usado en el mundo por sus propiedades características de resistencia y durabilidad. Sin embargo, uno de los problemas que presenta el concreto es la contracción que experimenta, por ende, su posible fisuramiento y la pérdida de su durabilidad.

En estructuras con una gran superficie, como los pisos de concreto, la contracción por secado se presenta en mayor grado. Esta contracción no sería un problema si el concreto no estuviera restringido (contracción libre), pero en la práctica, el concreto del piso se encuentra restringido por la subbase como se muestra en la Figura *1*. Además de otras restricciones como el acero de refuerzo y la restricción interna generada por el gradiente de humedad (Miltenberger y Attiogbe, 2002) y, en algunos casos, algunos elementos constructivos. Esta contracción restringida genera ciertos esfuerzos de tracción en el concreto que al superar su resistencia a la tracción se producen fisuras de manera aleatoria (Kosmatka et al., 2004) como se presenta en la Figura 1.

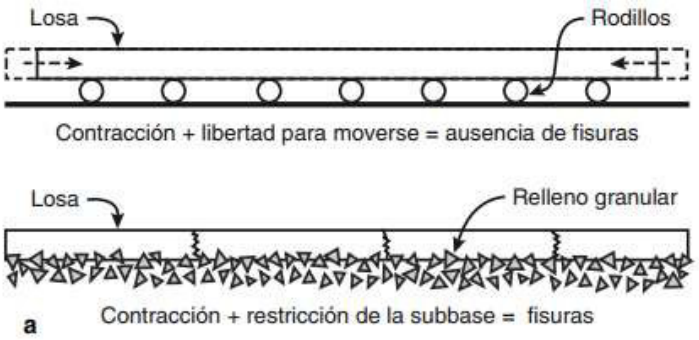


Figura 1. *Contracción libre y fisuración en pisos de concreto*

Nota. Tomado de "Diseño y Control de Mezclas de Concreto"(p.310), realizado por Kosmatka et al.,2004.

Para el control de la fisuración del concreto, normalmente, se realizan unos cortes intencionales en el piso llamado juntas, para inducir a la fisura en esa zona de corte. La Figura *2*, muestra una junta típica de contracción en un piso de concreto.

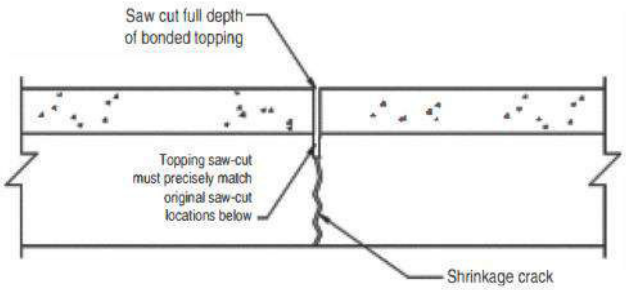


Figura 2. *Junta típica por contracción en un piso de concreto*

Nota. Tomado de " Guide to Concrete Slabs on Ground Construction"(p.6), realizado por ACI Committe 302, 2015.

Sin embargo, las juntas representan un problema potencial porque tienden a afectar la uniformidad del piso, además son la parte más vulnerable al desgaste del piso y requieren reparaciones por lo que se buscan reducir en cantidad (Miltenberger y Attiogbe, 2002; Cement Concrete & Aggregate Australia [CCAA], 2009).

De acuerdo a la CCAA (2009) la falla de las juntas por lo general se debe al desgaste (o desprendimiento) de la junta causado por un mal diseño de juntas y un concreto débil o una combinación de ambos, aunque también puede ser causado por ruedas sólidas de pequeño diámetro que transitan a través de la junta, incluso a velocidades moderadas. Otra de las cusas, es la falla del relleno y/o sellado de las juntas (CCAA, 2009; Steve Metzger, 2005). Estas fallas incrementaran el deterioro de las juntas debido al tránsito de vehículos cada vez más grandes y sofisticados (Steve Metzger, 2005).

Según la PCA la mayor parte de la reparación y mantenimiento del piso de concreto proviene del deterioro de las juntas y la corrección de las fisuras, se estima que el mantenimiento de juntas representa alrededor del 80% de problemas presentados en los pisos de concreto. Por otra parte, Steve Metzger (2005) indica en una encuesta que realizó a los profesionales en pisos de concreto en EE. UU que: "el 92% de los profesionales señalaron que sus problemas en pisos se debían a las juntas deterioradas".

Tradicionalmente, la distancia entre juntas para el control de la fisuración se recomienda en un rango de 24 a 36 veces el espesor del piso de concreto (Kosmatka et al., 2004). Estas relaciones funcionan para la mayoría de pisos, sin embargo, en muchos casos la losa de concreto no tiene un desempeño adecuado con respecto a la contracción, presentando meses después de la construcción fisuras a nivel intermedio de la superficie de la losa (Miltenberger y Attiogbe, 2002). Por ello, el ACI Committee 360 (2006) ha proporcionado recomendaciones para el distanciamiento entre juntas basado en el espesor del piso y los valores de contracción última del concreto, la cual ocurre cuando el concreto deja de contraerse debido al secado.

Se han propuesto alternativas para aumentar la distancia entre juntas, de esta manera, reducir la cantidad de juntas. En general, casi todas las propuestas para aumentar la distancia entre juntas se enfocan en reducir la contracción del concreto, sin embargo, se debe evaluar su efecto en las demás propiedades del concreto para pisos (ACI Committee 302, 2015). Una de las alternativas más utilizadas es reducir la contracción desde el diseño del concreto mediante la optimización de los agregados, también reducir la relación agua/cemento, utilizar diferentes tipos de cementos o mezclas con diferentes adiciones cementicias. Estas alternativas permiten aumentar la distancia entre juntas en cierto grado, pero se ha logrado una mayor extensión con los concretos de contracción compensada, concreto con alto contenido acero de refuerzo, concreto postensado y concreto con fibra y aditivo reductores de contracción (ACI Committee 360, 2006).

En las últimas décadas han aparecido aditivos híbridos capaces de compensar y reducir la contracción del concreto (ACI Committe 212, 2016; Maltese, 2005; Collepardi, 2005), los cuales muestran un efecto doble para tratar el problema de la contracción. En esta oportunidad, se pretende evaluar un aditivo hibrido que compensa y reduce la contracción del concreto, a base de óxido de magnesio y éter glicol, para extender la distancia entre juntas y, de esta manera, reducir las juntas en los pisos de concreto.

1.1.2. Formulación del Problema

Problema General.

¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima?

Problemas Específicos.

- ¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la trabajabilidad del concreto?
- ¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la compresión del concreto?
- ¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la flexión del concreto?
- ¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la contracción del concreto?
- ¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto en la distancia entre juntas en los pisos?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la trabajabilidad del concreto.
- Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la compresión del concreto.

- Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la flexión del concreto.
- Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la contracción del concreto.
- Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto en la distancia entre juntas en los pisos.

1.3. Importancia y Alcance de la Investigación

1.3.1. Importancia de la Investigación

Debido a que la capacidad de servicio de los pisos de concreto se ve afectada por las fisuras por contracción por secado y el deterioro de las juntas (ACI Committe 360, 2006; CCAA,2009; Miltenberger y Attiogbe,2002), resulta importante reducir la cantidad de juntas y realizar un adecuado distanciamiento entre juntas en los pisos de concreto. Por ello, el ACI Committe 360 (2006) ha propuesto recomendaciones de distanciamiento entre juntas basado en el espesor del piso y la contracción última del concreto estimada mediante el modelo ACI 209. Sin embargo, este modelo no predice la contracción última del concreto sobre todo cuando se utilizan materiales que modifiquen la contracción (ACI Committee 209, 2008; Fu et al., 2012). En esta investigación, se propone un procedimiento, apoyado en la investigación realizada por Miltenberger y Attiogbe (2002), para calcular la distancia entre juntas en los pisos de concreto en función a los niveles de contracción última del concreto estimados en base al modelo propuesto por el ACI Committe 209 (2008) y mediciones en el ensayo ASTM C157. Esta metodología permitirá extender la distancia entre juntas en pisos de concreto cuando se utilicen materiales que modifiquen la contracción, representando una alternativa innovadora para reducir la cantidad de juntas, además permitirá optimizar dosis de aditivos compensadores y/o reductores de contracción cuando se apliquen en el concreto para pisos.

Con respecto al aditivo a estudiarse el ACI Committee 212 (2016), en el capítulo 12, menciona que se ha tenido éxito en compensar la contracción autógena y por secado al utilizar un aditivo híbrido que combina un SRA (shrinkage reducing admixture) y un SCA (Shrinkage Compensating Admixture) a base de óxido de magnesio calcinado ligeramente para proporcionar una expansión controlada. Asimismo, se ha observado una reducción significativa del fisuramiento por contracción, hasta el 90 % cuando se utilizan aditivos híbridos que combinan una mezcla de éter de glicol con óxido de magnesio (ACI Committee 212, 2016). La aplicación de esta tecnología de aditivos en los pisos de concreto, representa una alternativa innovadora para extender la distancia entre juntas contribuyendo a romper el paradigma de construir juntas de contracción en un rango de 3 a 4.5 m al considerar a la gran mayoría de concretos como de alta contracción y al mismo tiempo, al reducir las juntas, contribuirá en reducir los costos en los pisos de concreto relacionados a la construcción, reparación y mantenimiento de las juntas.

Es importante mencionar que es la primera vez que en Perú se prueba un aditivo con estas características, ya que en el mercado nacional solo se comercializan aditivos reductores de contracción y los aditivos compensadores de contracción son importados esporádicamente. Por otro lado, no se han encontrado estudios a nivel nacional de concretos con aditivos compensadores de contracción y los estudios de concreto con aditivos reductores de contracción son muy pocos, por lo que este estudio puede marcar un precedente para futuras investigaciones.

Por otra parte, desde un punto de vista ambiental, es importante indicar que en este estudio se evalúa el cemento tipo HS, del cual se espera un mayor consumo debido a que se muestra mucho más amigable con el medio ambiente porque incorpora adiciones como puzolanas, escoria y/o caliza en su composición. Según Imbabi et al. (2012) para la producción de 1 TON de cemento portland se emite aproximadamente 1 TON de CO_2**.** Por otro lado, en la producción de los cementos compuestos (material cementicio suplementario y/o calizas) las emisiones de CO_2 se reducen entre 0.6 a 0.8 TON de CO_2 por 1 TON de cemento producido (Van Dam y Smith, 2011). Esto representa una reducción significativa, ya que

según Imbabi et al. (2012) la contribución en la emisión del CO2 por parte de la producción de cemento representa el 6% a nivel mundial de las emisiones de CO2 generadas por el hombre.

Otro punto importante de la investigación es que se ha recibido financiamiento y apoyo técnico por parte de la empresa de aditivos SIKA PERÚ y la empresa de Concreto Premezclado Mixercon. De esta manera, poder generar un vínculo entre la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y empresas que vienen apostando por la innovación y contribuyendo al crecimiento del país.

1.3.2. Alcance de la Investigación

En esta investigación, el alcance se realizó en colaboración con la empresa Sika Perú y la empresa de concreto premezclado Mixercon S.A. Las propiedades del concreto se adecuaron a la demanda del concreto que tiene la empresa de concreto premezclado en obras de pisos de concreto en la ciudad de Lima.

Se utilizaron para la producción del concreto, el cemento tipo I y el cemento tipo HS, los cuales suelen ser estipulados en los expedientes técnicos de pisos de concreto. Además, que son muy utilizados en la producción de concreto premezclado en la ciudad de Lima. El concreto que se estudió presento las siguientes características:

- Resistencia a la compresión F'c ≥ 24 MPa, estipulado para un piso de concreta clase 6 de acuerdo al ACI Committee 302 (2015), expuesto al tráfico de montacargas.
- Trabajabilidad adecuada para pisos de concreto.
- Concreto bombeable, ya que muchas de estos tipos obras no cuentan con acceso disponible.
- Asentamiento inicial de 6 a 8" (Salida de planta de concreto premezclado)
- Obtener la menor contracción posible con los agregados en planta.

Al concreto control realizado se añadió dosis de aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA por sus siglas en inglés) del 2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento. Esto basado en la hoja técnica del producto que sugiere una dosis del 2% al 7 % con respecto al peso del cemento.

Las propiedades del concreto en estado endurecido que son evaluadas en pisos de concreto, normalmente, son la contracción por secado, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión. Por ello, se realizaron muestras para diferentes edades del concreto.

En el caso de la contracción del concreto, se evaluó la contracción por secado porque tiene una mayor influencia en estructuras de concreto con una alta relación superficie/volumen como los pisos de concreto. Por otra parte, la contracción autógena no fue evaluada porque se trabajó con un concreto con relación a/c superior a 0.40 donde presenta un mínimo efecto (ACI Committee 209, 2008). La contracción del concreto se evaluó durante un período de 91 días de secado, esto en base a la recomendación del Dr. Guillermo Di Pace, ya que hasta esa edad se podrá realizar un mejor comparativo y observar la influencia del aditivo en mención.

1.4. Limitaciones de la Investigación

En cuanto a los ensayos a realizar con respecto al cambio de volumen de concreto, la investigación fue limitada al ensayo de cambio de longitud del concreto según la ASTM C157, el cual permite medir la expansión y contracción del concreto sin ninguna restricción. Por otro lado, el ensayo de contracción restringida ASTM C1581, el cual permite estimar la tendencia a la fisuración del concreto no fue realizado debido a que no se contaba con el equipo. Sin embargo, se observa que existen estudios donde se correlaciona los valores del ensayo ASTM C157 con el ensayo ASTM C1581, proponiéndose valores límites de contracción para obtener un concreto con diferentes niveles de potencial de fisuramiento acuerdo al ensayo ASTM C1581 (Nassif et al.,2007; Ideker et al., 2013; Bartojay y Lucero, 2018; Domanicsky y Olivella, 2021).

Por otra parte, el ensayo de expansión restringida ASTM C878 tampoco fue realizado debido a las recomendaciones del fabricante, ya que la expansión del aditivo con óxido de magnesio es gradual y no intempestiva como los aditivos expansivos a base sulfoaluminato de calcio y oxido de calcio. Además, la contracción por secado no logra ser compensada en su totalidad por el óxido de magnesio (Revilla-Cuesta et al., 2022; Domaniczky y Olivella, 2021) y al llevar en su composición un aditivo reductor de contracción lo recomendable sería especificarlo por la norma ASTM C157.

En cuanto a la trabajabilidad del concreto, solo se realizó un comparativo entre un concreto con una dosis intermedia del SCRA y el concreto de control con cemento tipo I. Esto sucedió debido a la limitación en el tiempo y la gran cantidad de muestras que se tenía que elaborar de acuerdo al ensayo ASTM C157, ASTM C39 y ASTM C78. Sin embargo, se recomienda realizar un estudio específico sobre la trabajabilidad del concreto, ya que de acuerdo al ACI Committee 360 (2006) se requiere investigación adicional en: “Desarrollar proporciones de mezcla de concreto que tengan baja características de contracción, pero aún son trabajables, terminables, y proporcionar una superficie útil” (p.5).

Por otra parte, con respecto al cálculo de la distancia entre juntas en los pisos, no se consideran los efectos térmicos, ya que se considera un ambiente donde se minimizan los gradientes térmicos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Coila y Loaiza (2015) en su tesis de titulación denominada “INFLUENCIA DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y EL AGREGADO FINO EN LA RETRACCIÓN Y/O CONTRACCIÓN PARA CONCRETOS EN AREQUIPA”, planteó como objetivo evaluar la contracción y/o retracción del concreto utilizando diferentes relaciones de agua/cemento y agregado fino para las condiciones en Arequipa. En la parte experimental se realizaron 7 mezclas de concreto con relación A/C (agua cemento) 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65 y 0.7, manteniendo en todas las mezclas un porcentaje de 10% de agua efectiva en la mezcla. En

estado fresco a cada mezcla se realizaron ensayos de asentamiento (ASTM C143), peso específico (ASTM 138) y temperatura (ASTM 1064); mientras que en estado endurecido se realizó los ensayos de contracción libre (ASTM C490), contracción restringida (ASTM C1581) y de resistencia a la compresión (ASTM C31), generando una correlación entre los datos obtenidos del ensayo de resistencia y del ensayo de contracción. Los resultados indican que los concretos con relación A/C de 0.55 a 0.70 y agregado fino de 30% a 34% presentaron menores valores de contracción y tiempo de aparición de fisuras en comparación con los concretos con menor relación A/C. Además, la contracción libre y restringida disminuyo al aumentar la relación A/C. Por otra parte, mientras menor fue la relación A/C el concreto presento un mayor ancho de fisura y un tiempo de aparición fisuras más corto en comparación con los de mayor relación A/C.

Una de las variables que debemos tener en cuenta al momento de comparar la contracción de concretos con diferentes relaciones A/C es la cantidad de pasta que existe en la mezcla, ya que al reducir la relación A/C para un contenido de agua efectivo constante estaría aumentando el contenido de cemento, por lo tanto, el contenido de pasta aumentaría. Este incremento del contenido de pasta está directamente relacionado con el incremento de la contracción.

Rodríguez (2010) en su tesis de titulación denominada “ESTUDIO DEL CONCRETO CON ADITIVO REDUCTOR DE CONTRACCIÓN, UTILIZANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I”, planteó como objetivos el estudiar las propiedades del concreto con aditivo reductor de contracción y usando cemento portland tipo I. Se experimento con dosis de aditivo del 1%, 2.5% y 4% con respecto al peso del cemento; y realizó ensayos para obtener las propiedades del concreto fresco y endurecido, haciendo énfasis en la contracción del concreto. Para estudiar la contracción realizó dos ensayos; el ensayo de contracción restringida (ASTM C1581) y el ensayo de cambio de longitud del concreto (ASTM C157). Además, estudió la relación del tiempo de curado del concreto en la contracción, para un periodo de curado de 0, 7 y 28 días. Los resultados indican que el concreto con aditivo y un curado de 28 días presentó menores niveles

de contracción; y en el ensayo de contracción restringida, el concreto con 4% de aditivo no presentó fisuración para ninguno de los tiempos de curado.

Se debe tener en cuenta que el estudio no se realizó de acuerdo a la normativa ASTM C157 actual, la cual indica que las muestras deben estar expuestas a una humedad relativa de 50 ± 4 %.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

González (2017) en su tesis de master denominada "ANÁLISIS DE LA EFECTIVIDAD EN LA RETRACCIÓN DE CONCRETOS AL ADICIONAR CENIZA VOLANTE Y UN ADITIVO COMPENSADOR", planteó como objetivo analizar el comportamiento del fenómeno de contracción en concretos diseñados con mezclas a base de ceniza volante y un aditivo compensador. Experimentó con 4 diseños de mezcla (variando la relación a/c, el porcentaje de ceniza volante y la inclusión del aditivo compensador). Se usaron tres métodos normativos para medir la contracción del concreto en los 4 diseños de mezcla propuestos, el ensayo de contracción restringida (ASTM C1581), el ensayo de cambio de longitud del concreto endurecido (ASTM C157) y el ensayo de contracción plástica restringida del concreto reforzado con fibras (ASTM C1579). Los resultados indican que la adición de ceniza volante y el aditivo compensador de contracción en el concreto toleran el fisuramiento durante mayores periodos de tiempo. Por otra parte, los costos calculados para el concreto con aditivo y ceniza volante presentaron un incremento del precio del 30 al 40% con respecto al concreto patrón; pero presentaron mejoras en las propiedades de contracción y compresión.

Munizaga (2009) en su tesis de titulación denominada "FISURACIÓN POR RETRACCIÓN EN HORMIGONES: INFLUENCIA DEL TIPO DE CEMENTO", tiene como objetivo estudiar la influencia del contenido de puzolana adicionado al cemento en el comportamiento en contracción y fisuración de concretos confeccionados con cementos que variaban en el porcentaje de adición entre 0% y 27%, y cuya finura Blaine variaba entre 2800 y 4500 cm^2/g. Las mezclas de concreto se realizaron para las relaciones A/C de 0.45 y 0.55. Se realizó el ensayo de contracción y fisuración del concreto de acuerdo a la norma

NCh 2221 Of 94 (Contracción libre) y ASTM C1581 (Contracción restringida). Los resultados indican que no se presentaron diferencias en la contracción y fisuración del concreto al añadir puzolana molida de 7000 cm^2/g en dosis de 17% a 23% a un cemento Portland con una finura de 2800 cm^2/g. Por otra parte, la contracción del concreto con cemento Puzolánico con 27% de adición y una finura de 4500 cm^2/g, desarrolló un incremento del 20% y 40% en valores de contracción con respecto a los del concreto de referencia. Asimismo, la fisuración observada en los ensayos de contracción restringida, fue superior para los concretos elaborados con el cemento Puzolánico de 27% de adición y la fisuración del concreto con cementos puzolánicos más gruesos, con adición del 17% y 23%, fue parecida a la de los concreto de referencia.

Gracia y Quesada (2012) en su tesis de maestría titulada "Evaluación de una alternativa para la construcción de pisos industriales de gran formato" tuvieron como objetivo evaluar la aplicabilidad de un aditivo compensador de contracción (tipo G) en los concretos MR (Modulo de rotura) 4.2 MPa, utilizados en la construcción de pisos industriales de gran formato, con la finalidad de reducir las fisuras provocadas por la contracción por secado y de esta manera construir pisos con juntas hasta diez veces más grandes del tamaño recomendado (3m x 3m) para un espesor de 15 cm, reduciendo así la cantidad de juntas y los problemas que provienen de ella. La metodología fue experimental donde se estudió un aditivo compensador de contracción a base de CaO en dosis de 9%,10%,11% y 12% con respecto al peso del cemento en una mezcla de concreto diseñada para un MR de 4.2 MPa. Se realizó el ensayo de expansión restringida (ASTM C878) y el ensayo de contracción del concreto por secado (ASTM C157) para comprobar la aplicabilidad del aditivo. Los resultados indican que la dosis adecuada de aditivo es del 9%, ya que dosis mayores generaron fisuras en el concreto y dosis menores no expanden lo suficiente el concreto para compensar la contracción del concreto a los 28 días de secado, posteriormente realizaron una prueba piloto en una losa con dimensiones de 9m x 12m x 0.15 m, corroborando los datos que se obtuvieron en laboratorio.

Khajehdehi y Darwin (2018), realizaron una investigación titulada “Control Cracks in bridge Decks” donde se estudian las diferentes tecnologías de reducción de fisuras propuestas en las especificaciones para puentes de alto rendimiento y bajo fisuramiento como la combinación de materiales cementantes suplementarios (SCM), curado interno mediante el uso de agregados ligeros prehumedecidos (IC) , aditivos compensadores de contracción a base de óxido de magnesio (MgO) y de óxido de calcio (CaO) o aditivos expansivos (SCA) con bajo fisuramiento para concreto de alto desempeño. Para la medición del cambio de longitud de concreto se hizo una variación con respecto a la propuesta por el ensayo ASTM C157, modificando la medición inicial de 24 horas después del mezclado a 5 ½ ± ½ horas después de realizada la mezcla de concreto. Los resultados indican que esta modificación a la norma ASTM C157 ayuda a capturar la expansión a edades tempranas de las mezclas de concreto que tienden a expandirse. Por otro lado, los aditivos híbridos a base de óxido de magnesio y éter glicol mostraron un buen desempeño reduciendo la contracción por secado.

Domaniczky y Olivella (2021) en su tesis de titulación denominada “Estudio de la factibilidad técnica de los hormigones de retracción compensada aplicado a la construcción de pavimentos” tuvieron como objetivo evaluar la factibilidad técnica y desempeño del hormigón de retracción compensada utilizado en la construcción de pavimentos de hormigón, mediante el uso de un aditivo expansor compuesto a base de óxido de magnesio ligeramente calcinado. La metodología fue experimental donde evaluaron el aditivo compensador de contracción en dosis del 5%, 7% y 9 % con respecto al peso del cemento. El concreto de control se elaboró siguiendo las recomendaciones del comité ACI 302.1R, produciendo un concreto de baja retracción optimizando las proporciones de agregado. Los resultados mostraron que la dosis del 7 % logró compensar la contracción a 28 días en un 50% con respecto al concreto patrón y que con dosis del 5% de aditivo expansor se logró extender las distancias entre juntas hasta en 12 m. Al comparar este aumento de longitud lograron generar un ahorro del 10 % con respecto a un piso convencional de 4 m de largo al reducir la cantidad de juntas en un 70%. Adicionalmente también

evaluaron la expansión del MEA (Magnesium expansive additive) en diferentes condiciones de curado en una losa de prueba llegando a concluir que el curado afecta significativamente a la expansión generada por el MEA y se pudo apreciar como al no curar durante 7 días, hay una reducción del 80% del potencial expansivo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto

Desde hace unas décadas se vienen realizando pruebas para reducir el potencial de fisuración en el concreto mediante el uso combinado de un aditivo compensador de contracción y un aditivo reductor de contracción, ya que ninguno trabajando independientemente pueden evitar de manera segura y definitiva el riesgo de fisuración causado por la contracción por secado en estructuras de concreto bajo las condiciones de curado que se dan en las obras (Collepardi et al., 2005).

Por un lado, los aditivos compensadores de contracción se caracterizan por generar un efecto expansivo producto de una reacción química cuando se añaden al concreto, el nivel de expansión va a depender en gran medida de la composición química y de la dosis utilizada del componente expansivo (ACI committee 223, 2010). Inicialmente, para compensar la contracción se utilizaron los aditivos del tipo sulfoaluminato de calcio (CSA) y del tipo Oxido de Calcio (CaO) (Khajehdehi y Darwin, 2018). El primero promueve la formación de etringita $(C_3A \cdot 3C\bar{S} \cdot H_{32})$ y el segundo la formación de hidróxido de calcio (CH) (Collepardi et al., 2005). Sin embargo, no son los únicos aditivos que tienden a expandirse, por ejemplo, un componente expansivo a base de óxido de magnesio (MgO) viene siendo utilizado hace más de 40 años en la construcción de presas en China, su componente expansivo está relacionado con la formación de $Mg(OH)_2$(Du, 2005).

Esta expansión generada en el concreto, por lo general, debe ser restringida para generar un efecto de pretensado químico, el cual va generar esfuerzos de compresión en el concreto que permitirán contrarrestar las tensiones generadas por la contracción del concreto (Nagatki y Tsuji, 1994; Collepardi et

al., 2005; ACI committee 223, 2010). Según el nivel de expansión se clasifican en concretos de contracción compensada y concreto de pretensado químico. Por un lado, el concreto de contracción compensada produce un pequeño pretensado químico para compensar o reducir la tensión de tracción generada por la contracción del concreto (Nagatki y Tsuji, 1994). Por otro lado, el concreto pretensado químicamente produce una expansión considerable, superior al de concreto de contracción compensada, generando un gran pretensado químico que permanecerá a lo largo del tiempo, incluso cuando se haya producido la contracción del concreto (Nagatki y Tsuji, 1994).

La expansión típica generada por los aditivos compensadores de contracción en el concreto medido a través del ensayo ASTM C878 se presenta en la Figura 3.

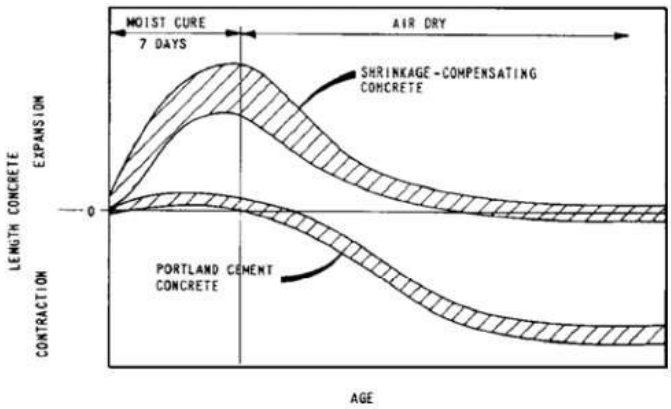


Figura 3. *Cambio de longitud de un concreto con cemento portland y de contracción compensada*

Nota. Tomado de ACI committee 223 (2010)

Los aditivos expansivos del tipo sulfoaluminato de calcio y oxido de calcio, por lo general tienen una expansión considerable durante la etapa de curado (Mo et al., 2010). Por otra parte, la tasa de contracción de los concretos de contracción compensada es similar al del concreto con cemento portland, como se observa en la Figura 3.

Uno de los principales problemas de los aditivos expansivos del tipo de CSA y CaO es la perdida de expansión cuando el concreto no es curado adecuadamente (Collepardi et al., 2005). A diferencia de

estos, el aditivo expansivo a base de óxido de magnesio (MgO) es más estable en la pasta de cemento debido a que su hidratación necesita menos agua (Mo et al., 2010).

Por otro lado, los aditivos reductores de contracción son usados comúnmente para reducir la contracción del concreto, su efecto es notorio sobre los diferentes tipos de contracción del concreto como la contracción plástica, autógena y por secado (Zhan y He, 2019). Su efecto sobre la contracción del concreto se debe a la reducción de la tensión superficial del agua, ya que esta reduce la tensión capilar provocada por los meniscos de agua que se generan en los poros capilares producto de la perdida de agua por evaporación (Collepardi et al., 2005; ACI Committee 212, 2016). Esta reducción de la contracción por secado es significativa cuando la humedad relativa es inferior a 70%, sin embargo, cuando la humedad relativa se encuentra en valores de 91% y 95% no se observaron reducciones en la contracción por secado (Weiss et al., 2008).

El efecto de la inclusión de un aditivo reductor de contracción en un concreto de contracción compensada a base Cao se muestra en la Figura 4.

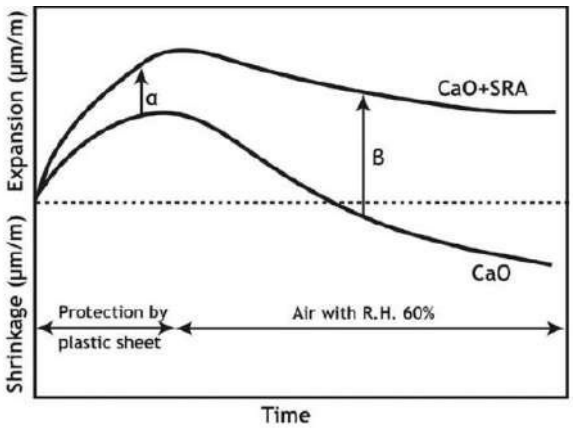


Figura 4. *Influencia del SRA en los concretos de contracción compensada*

Nota: Tomado de "Crack-free concrete for outside industrial floors in the absence of wet curing and contraction joints"(p.888), por Collepardi et al. (2008).

De la Figura 4, se observa por un lado que se produce un efecto inesperado α, que genera un aumento en la dilatación del concreto con respecto al concreto con aditivo expansivo a base de CaO. Por otro lado, se observa un efecto β, el cual genera una reducción de la contracción por secado esperada por la presencia del aditivo reductor de contracción. Este efecto sinérgico entre el aditivo compensador de contracción y el reductor de contracción también ha sido demostrado por Maltese et al. (2005).

Inicialmente, este tipo de combinación fue aplicada con éxito en Italia, donde se combinaban aditivos expansivos a base de CaO y reductores de contracción con el fin de evitar fisuras relacionadas con la contracción del concreto y/o la apertura excesiva de juntas en presencia de condiciones adversas de curado (Collepardi et al., 2005; Collepardi et al., 2008).

En los últimos años se ha venido probando con éxito la combinación de un componente expansivo a base de MgO ligeramente calcinado y un reductor de contracción a base de éter glicol para reducir las fisuras generadas por la contracción por secado (ACI Committee 212, 2016). La sinergia producida por ambos aditivos también fue comprobada por Khajehdehi y Darwin (2018) cuando evaluaron el comportamiento de cambio de longitud de diferentes componentes expansivos para el control de fisuras en puentes.

Un caso de éxito en la aplicación de esta tecnología de aditivos fue logrado por el BUREAU OF RECLAMATION en la reparación de la losa de entrada del aliviadero de la presa Glen Elder en Kansas, la cual a pesar de las reparaciones realizadas seguía presentando fisuras. Para dar solución a este problema se aplicó un concreto de reparación con un aditivo a base de Oxido de Magnesio y un reductor de contracción. Los resultados mostraron una reducción de las fisuras en un 90 % con respecto a las reparaciones realizadas a las losas del año anterior (Von Fay et al., 2011). Desde aquella experiencia se ha venido usando con éxito en EE.UU un aditivo hibrido con aditivo reductor de contracción y un componente expansivo de MgO en la construcción de presas, en la reparación de losas de concreto para pisos y tableros de puentes, en concretos sometidos a una gran restricción de acero, en pisos de concretos

para extender la distancia entre juntas de contracción y en obras donde se requiera concretos de baja contracción y aumentar la durabilidad del concreto (Premier Magnesia, s.f).

A manera de resumen, se muestra en la Figura *5* los diferentes aditivos mencionados que tratan de mitigar el problema de la contracción en el concreto, incluyendo el SCRA.

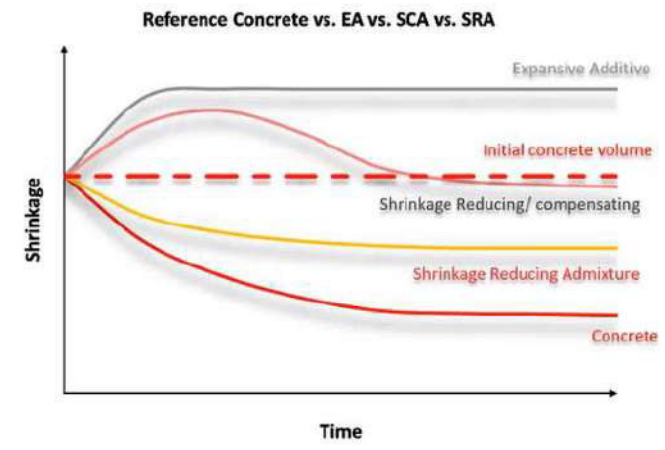


Figura 5. *Opciones de aditivos para mitigar la contracción*

Nota. Se muestra el cambio de longitud del concreto sin aditivo y el conreto con diferentes aditivos capaces de mitigar la contracción.Tomado de Sika Slabs on Ground Solutions, por SIKA USA, 2019, https://usa.sika.com/en/resource-center/continuing-education-library/sika-slab-solutions.html#sikaslab

Influencia del aditivo compensador y reductor de contracción en el concreto

Según el ACI Committee 212 (2016) aunque el objetivo principal de los aditivos reductores de contracción y/o aditivos compensadores de contracción es reducir la contracción autógena y por secado, la mezcla también puede afectar otras propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Según Revilla-Cuesta et al. (2022) menciona que cuando se añade MgO en un 10% en reemplazo del cemento, las propiedades mecánicas del concreto se reducen ligeramente. Mientras que el ACI Committee 212 (2016) menciona que cuando se añade el MgO como adición las propiedades mecánicas no se ven afectadas.

Con respecto a la contracción del concreto, se ha demostrado que el óxido de magnesio puede compensar completamente la contracción autógena del concreto (Mo et al., 2012; Revilla-Cuesta et al., 2022). Sin embargo, la contracción por secado no puede ser compensada completamente por el MgO, pero colabora en su reducción (Mo et al., 2014). En general la contracción por secado puede ser reducida en un rango del 20 al 40 % al añadir MgO al concreto (Revilla-Cuesta et al., 2022).

Para potenciar la capacidad del MgO para reducir la contracción del concreto, en los últimos años, se ha venido probando un aditivo hibrido a base de óxido de magnesio y un aditivo reductor de contracción (Mo et al., 2014; ACI Committee 212, 2016).

Con respecto a la influencia del aditivo reductor de contracción en las propiedades del concreto Zhan y He (2019) indican que la resistencia a la compresión, la flexión y la tracción se reducen con el aumento del contenido del aditivo reductor de contracción en el concreto.

Por otra parte, los estudios recopilados por Zhan y He (2019) muestran que los niveles de contracción por secado en el concreto pueden ser reducidos por el aditivo reductor de contracción en un rango del 17% al 83% utilizando dosis de aditivo entre el 1% al 5% con respecto al peso del cemento. Además, menciona que la cantidad de contracción reducida depende del material cementicio usado en la mezcla.

2.2.1.1. Tipos de cemento

En la actualidad hay una gran variedad de cementos disponibles que se emplean en las construcciones de concreto en general. Según el ACI Committee 302 (2015) los cementos que se pueden utilizar en la construcción de pisos incorporan una variedad de cementos que cumplen con la norma ASTM C150/C150M, C595/C595M, C845/C845M y C1157/C1157M. Las clasificaciones de estos cementos utilizados son proporcionadas por las normas ASTM (American Standard for Testing Materials) y su equivalente en Perú las NTP (Normas Técnicas Peruanas). De acuerdo a las normas ASTM los cementos que se usan actualmente en el mercado nacional se clasifican de la siguiente manera:

- Cementos Portland

Se clasifica de acuerdo a la norma ASTM C150, el cual puede ser de cinco tipos (tipo I, II, III, IV y V).

- Cementos portland adicionados

Se clasifica de acuerdo a la norma ASTM C595 y se divide en seis variedades (Tipo IP, IS, I (PM), IL, IT e Ico) de acuerdo al tipo de adición que reemplaza a una parte del cemento portland tipo I.

- Cemento hidráulico especificado por desempeño

De acuerdo a la norma ASTM C1157 se clasifica como tipo GU, HE, MS, HS, MH y LH y su uso va depender del desempeño que se le quiera proporcionar al concreto.

En el Perú, hasta el 2018 se producían un total de 43 marcas de cemento y 13 de tipos de cementos (de los 17 que se mencionaron anteriormente) como se muestra en la Figura *6*.

Empresa	Marca	ASTM C-150 / NTP 334.009					ASTM C-595 / NTP 334.090						ASTM C-1157 / NTP 334.082						Total
		I	II	III	IV	V	IS	IP	I (PM)	IL	IT	Ico	GU	HE	MS	HS	MH	LH	
Unacem S.A.A.	Andino	X				X		X	X							X*	X*		6
	Sol	X																	1
	Apu												X						1
	Atlas							X											1
Yura S.A.	Yura	X	X			X		X	X					X		X		X	8
	Frontera												X						1
	Rumi							X											1
Cementos Pacasmayo S.A.A.	Pacasmayo	X				X				X		X			X				5
	Mochica												X		X				2
	Amazónico												X						1
Caliza Cemento Inca S.A.	Inka	X										X	X			X			4
Direpsur S.C.R.LTDA.	Wari	X						X											2
Rocatech S.A.C.	Mishky	X						X						X					3
Mixercon S.A.	Cemento Nacional	X										X				X			3
Cemex Peru S.A.	Cemex	X				X													2
	Quisqueya	X											X						2
Total marcas		10	1	0	0	4	0	6	2	1	0	3	6	2	2	4	1	1	43

Figura 6. *Identificación de los tipos de cemento utilizados en Perú según marcas*

Nota. */ Es un cemento hidráulico tipo HS y MH. Tomado de "Exposición de Motivos del Reglamento técnico sobre cemento hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones de concreto en general" (p. 8), Dirección de normatividad – Produce, 2020.

En la Tabla *1*, se observa el porcentaje de participación de los diferentes tipos de cemento en el mercado peruano.

Tabla 1

Participación de los tipos de cemento en el mercado nacional en el 2018

Tipo de cemento	% Participación
Tipo I	39.40%
Tipo IP	19.70%
Tipo ICo	14.80%
Tipo GU	8.80%
Tipo MS	6.80%
Tipo HS	3.70%
Tipo HE	3.30%
Tipo I (PM)	< 2%
Tipo V	< 2%
Tipo IL	< 2%
Tipo II	< 2%

Nota. No existen registros de producción de los Tipos III, IV, IS, IT, MH y LH. Adaptado de "Exposición de Motivos del Reglamento técnico sobre cemento hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones de concreto en general"(p.6) , realizado por Dirección de normatividad – Produce, 2020.

2.2.1.2. Cemento tipo I

Este tipo de cemento se especifica para cualquier tipo de construcción. Las propiedades químicas y fiscas de este tipo de cemento son reguladas por la norma ASTM C150. Según el ACI Committee 302 (2015) este tipo de cemento es el más utilizado para pisos y pavimentos cuando no se requieren las propiedades especiales de otro tipo.

En Perú, este tipo de cemento viene siendo utilizando en mayor medida, según la dirección normatividad-Produce (2020) indica que el uso del cemento tipo I en el mercado nacional ha sido del 39.4%. Esto se debe a que este tipo de cemento ya se encuentra establecido en el mercado; sin embargo, en suma, se observa un mayor porcentaje de los cementos que presentan adiciones en su composición (ASTM C595 y ASTM C1157).

2.2.1.3. Cemento tipo HS

Es un cemento con una elevada resistencia a los sulfatos, su clasificación se realiza de acuerdo a la norma ASTM C1157 “cemento hidráulico especificado por desempeño”. Este tipo de cemento está constituido de cemento portland más un porcentaje de adiciones cementicias suplementarias (ACS) como puzolanas, escoria de alto horno y/o calizas finamente molidas en su fabricación. A diferencia de las otras clasificaciones de cemento que llevan adiciones como en la norma ASTM C595 “cementos adicionados”, la norma ASTM C1157 no restringe el contenido y el tipo de material usado para la producción del cemento, siempre y cuando se cumpla con el desempeño especificado. Este punto de vista promueve la innovación de cementos portland compuestos al permitir añadir mayores dosis de material cementicio suplementario y/o calizas, además de poder utilizar aglutinantes en reemplazo del cemento portland que emitan menor cantidad de CO2 en su producción (Van Dam y Smith, 2011). Sin embargo, al no haber restricciones en su composición y en sus constituyentes, sus efectos en las propiedades del concreto deben ser evaluadas para que el cemento pueda ser usado en una obra en específico.

A pesar de que su consumo sea de tan solo el 3.7% en el mercado nacional (Normatividad – Produce, 2020), el cemento tipo HS ha venido siendo propuesto como un buen reemplazante del cemento tipo V (Bellido,2019) y para uso en pavimentos de concreto sobre todo en la zona sur de Lima debido a que la exposición a los sulfatos es alta y la capacidad resistente del suelo es baja (Parraga y Torres, 2021),

Sin embargo, se espera que la participación del cemento tipo HS aumente con el tiempo sobretodo en obras como pisos y pavimentos de concreto, incluso cuando no haya peligro por sulfatos, ya que se muestra mucho más amigable con el medio ambiente porque incorpora adiciones como puzolanas, escoria y/o caliza. Según Imbabi et al. (2012) para la producción de 1 TON de cemento portland se emite aproximadamente 1 TON de CO2. Por otro lado, en la producción de los cementos compuestos (material cementicio suplementario y/o calizas) las emisiones de CO2 se reducen entre 0.6 a 0.8 TON de CO2 por 1 TON de cemento producido (Van Dam y Smith, 2011). Esto representa una reducción

significativa, ya que según Imbabi et al. (2012) la contribución en la emisión del CO2 por parte de la producción de cemento representa el 6% a nivel mundial de las emisiones de CO2 generadas por el hombre.

Por otra parte, como ya se había mencionado el cemento tipo HS lleva adiciones suplementarias en su composición como puzolana natural, escoria y calizas, sin embargo, no siempre van juntas, y casi siempre y en mayor porcentaje se usa puzolana natural. Por ejemplo, Alfaro y Laura (2014) lograron un cemento tipo HS reemplazando al cemento portland tipo I con un 23% de puzolana natural.

Por lo tanto, deberá evaluarse las propiedades mecánicas de estos cementos adicionados, ya que la velocidad de reacción de las adiciones, depende de su composición química relacionado con la finura, la cantidad de fases reactivas como vidrios o zeolitas, además del nivel de reemplazo por el cemento portland, el PH de la solución y la temperatura (Lothenbach et al., 2011).

2.2.2. Las juntas en los pisos

Las juntas son unos cortes o planos de falla que se realizan en los pisos para limitar la frecuencia y ancho de fisuras aleatorias generadas por la contracción del concreto (ACI Committee 302, 2015). La Figura 7, muestra una junta de contracción en un piso para el control de la fisuración.

Figura 7. *Junta de contracción en el piso para el control de la fisuración*

Nota. Tomado de “Focus on industrial joints”(p.8), realizado por Steve Metzger, 2005.

Idealmente, los pisos deben estar libres de juntas, excepto donde colindan con otras estructuras. Sin embargo, en la práctica, los pisos de concreto llevan juntas por consideraciones de construcción, también para minimizar el riesgo de fisuración por contracción no planificado y para evitar conflictos con otras estructuras (CCAA,2009). Su ubicación adecuada permite que las fisura debido a la contracción ocurra en las juntas, reduciendo las fisuras aleatorias en el piso (Kosmatka et al., 2004). Estas juntas de control son más agradables desde el punto de vista estético y más fáciles de mantener que las fisuras aleatorias (Miltenberger y Attiogbe, 2002). Independientemente del tipo de junta, el piso de concreto se visualizará como un piso de concreto separado y conectado por las juntas como en la Figura 8.

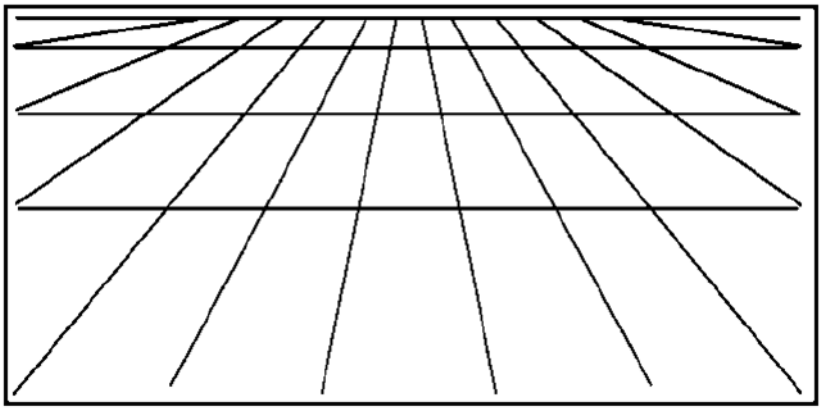


Figura 8. *Piso de concreto conectado y separado por juntas*

Nota. Tomado de "Focus on industrial joints"(p.6), realizado por Steve Metzger, 2005.

Las juntas son parte de la superficie del piso y cada junta representa un problema potencial a largo plazo para el propietario o inquilino de la instalación, ya que estas no solo afectan la uniformidad del piso en la mayoría de los casos, sino que también tienden a ser el área más vulnerable al desgaste y requieren reparaciones, por lo que se busca reducir el número de juntas al mínimo (CCAA, 2009; Steve Metzger, 2005; ACI Committee 360,2006; Miltenberger y Attiogbe,2002). La Figura 9, muestra una junta deteriorada en un piso de concreto

Figura 9. *Junta deteriorada en un piso de concreto*

Nota. Tomado de "Focus on industrial joints"(p.4), realizado por Steve Metzger, 2005.

De acuerdo a la CCAA (2009) la falla de las juntas por lo general se debe al desgaste (o desprendimiento) de la junta causado por un mal diseño de juntas y un concreto débil o una combinación de ambos, aunque también puede ser causado por ruedas sólidas de pequeño diámetro que transitan a través de la junta, incluso a velocidades moderadas. Otra de las cusas, es la falla del relleno y/o sellado de las juntas (CCAA, 2009; Steve Metzger, 2005). Estas fallas incrementaran el deterioro de las juntas debido al tránsito de vehículos cada vez más grandes y sofisticados (Steve Metzger, 2005). Por otra parte, según Steve Metzger (2005) estas son algunas de las causas más comunes de problemas en las juntas:

- Cortes de entrada anticipada realizados con "placas deslizantes" o cuchillas desgastadas
- Juntas demasiado espaciadas
- Falta de dowells (sin transferencia de carga)
- Dowells colocados incorrectamente
- Alabeo excesivo debido al espaciamiento de las juntas, mal diseño de la mezcla, etc.
- Losas oscilantes por alabeo y/o falta de transferencia de carga
- Densificación inadecuada en los bordes de las juntas de construcción
- Falta de curado adecuado en los bordes de las juntas
- Falta de blindaje de las juntas cuando corresponda

- Articulaciones que se abren demasiado (numerosas causas)
- Confianza en el enclavamiento agregado para la transferencia de carga
- No minimizar el número de juntas expuestas al tráfico
- Falta de relleno de juntas
- Relleno inadecuado de juntas (material incorrecto, profundidad de relleno inadecuada, limpieza inadecuada de junta antes del llenado, perfil de llenado cóncavo, etc.).

Según la PCA la mayor parte de la reparación y mantenimiento del piso de concreto proviene del deterioro de las juntas y la corrección de las fisuras, se estima que el mantenimiento de juntas representa alrededor del 80% de problemas presentados en los pisos de concreto. Por otra parte, Steven Metzger (2005) indica en una encuesta que realizó a los profesionales en pisos de concreto en EE. UU que: “el 92% de los profesionales señalaron que sus problemas en pisos se debían a las juntas deterioradas”.

Según Steve Metzger (2005) “El deterioro de las juntas ha sido un problema desde que se hizo rodar el primer carro empujado a mano sobre un piso de concreto” (p.3) y se ha visto incrementado con el tiempo debido al manejo de vehículos cada vez más grandes y sofisticados, especialmente en las industrias de almacenamiento y distribución (Steve Metzger, 2005).

Generalmente, si se puede limitar la cantidad de juntas o aumentar la distancia entre juntas sin aumentar la cantidad de fisuras al azar, se reducirá el mantenimiento del piso y de los montacargas que transiten, siempre que el alabeo no sea suficiente para causar fisuras o desprendimiento de juntas (ACI Committee 360, 2006).

Independientemente de la cantidad de juntas que haya en un piso nunca se debe permitir que las juntas se deterioren porque las juntas son la clave para la durabilidad del piso a largo plazo(Steve Metzger, 2005)

2.2.2.1. Diseño de juntas y tipos de juntas

El diseño de juntas estará determinado en función al diseño del piso (Steve Metzger, 2005; CCAA,2009). Por otro lado, debemos tener en cuenta que cada piso y las juntas deben adaptarse al uso de la instalación, las consideraciones típicas del diseño del piso incluyen: la función de la instalación, las consideraciones ambientales, los vehículos que transitarán por el piso, la frecuencia de las operaciones en el piso, las expectativas del propietario en cuanto a la calidad y caracteristicas del piso, las condiciones del suelo y el diseño de mezcla del concreto (Steve Metzger, 2005)

Después de analizar todos estos factores se selecciona el tipo de piso más adecuado, pudiéndose elegir:

- Piso de concreto sin refuerzo
- Pisos de concreto para controlar la fisuración
- Piso de concreto de contracción compensada
- Piso postensado

Una vez que se ha seleccionado el tipo de piso, el sistema de juntas debe adaptarse para que coincida con el diseño del piso y la función de la instalación (Steve Metzger, 2005).

Según Steve Metzger (2005) “el piso de concreto no es solo un piso, sino un conjunto de segmentos de piso más pequeño separados y conectados por juntas”. Por ello, el diseño de juntas busca que el piso trabaje como un solo piso a medida que los vehículos transiten, pero que al mismo tiempo los segmentos del piso tengan la libertad de contraerse o expandirse (Steve Metzger, 2005). En general, un adecuado diseño de juntas debe garantizar que la junta permita la continuidad de la superficie del piso y que esta sea duradera. Según Steve Metzger (2005) un adecuado diseño de juntas implica que las juntas presenten las siguientes caracteristicas:

- Las juntas deben ser lo más estrechas posibles para minimizar su exposición a las ruedas de los vehículos.

- Las juntas deben ser cortadas perpendicularmente al plano del piso, ya que pequeñas protuberancias pueden ser desprendidas por las cargas del tráfico.
- Las juntas deben poder transferir la carga de un panel a otro, para ello se pueden utilizar el enclavamiento de agregados o dowells.
- Las juntas deben estar protegidas correctamente mediante un relleno, el cual pueda generar continuidad en el piso.

Por otra parte, el diseño de las juntas se convierte en una cuestión de encontrar el patrón más adecuado de segmentos rectangulares o cuadrados para adecuarse a la geometría del piso en particular (CCAA, 2009). Las juntas que normalmente se realizan en los pisos son las juntas de aislamiento, construcción y contracción. Las ubicaciones típicas de estas juntas en el piso se muestran en la Figura 10.

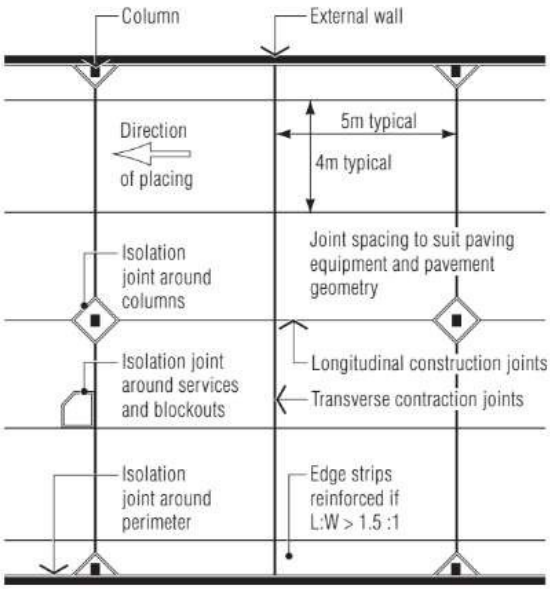


Figura 10. *Diseño de juntas para un piso de concreto interno típico con juntas y sin refuerzo*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.7), realizado por CCAA, 2009.

Normalmente, la ubicación de las juntas de contracción viene determinada por el espacio entre columnas, la cual se encuentra comúnmente a 1/2 o 1/3 del espacio entre columnas (Miltenberger y Attiogbe, 2002). En el caso de las juntas de construcción, la distancia entre juntas se determina por el método de construcción (CCAA, 2009), pero se recomienda que sea menor o igual que la distancia entre juntas de contracción, se recomienda una relación máxima de 1.5:1 para evitar fisuras aleatorias a la mitad de su dimensión más larga debido a las tensiones desiguales (CCAA, 2009; Steve Metzger, 2005; ACI Committee 360, 2006). Además, las juntas se abrirán más en los extremos de la dimensión más larga (Steve Metzger, 2005).

A continuación, se describe a cada una de las juntas que se encuentran en los pisos.

2.2.2.1.1. Juntas de aislamiento

Estas juntas permiten el movimiento horizontal y vertical de los paneles del piso de concreto, así como la rotación de los elementos colindantes, permitiendo que los elementos se comporten de forma independiente (CCAA, 2009). Esto es importante, ya que la restricción de cualquier tipo, aumentará el potencial de fisuramiento aleatorio.

Este tipo de juntas se coloca entre los paneles del piso y las estructuras fijas (columnas, bases de maquinarias, paredes, etc.), también es colocado entre el piso externo e interno, pero se debe diseñar previendo la transferencia de carga. En caso haya carga en los bordes de las juntas, es posible que se requiera un aumento del espesor del concreto en los bordes adyacentes a la junta (CCAA, 2009). Se incrementa 50% del espesor del piso con una pendiente 1:10 (ACI Committee 360, 2006).

Para el rellenado de las juntas de aislamiento generalmente se usa un material comprimible en toda la profundidad de la junta para generar una separación completa entre los elementos colindantes (CCAA, 2009). En la Figura 11, se muestra una junta típica de aislamiento.

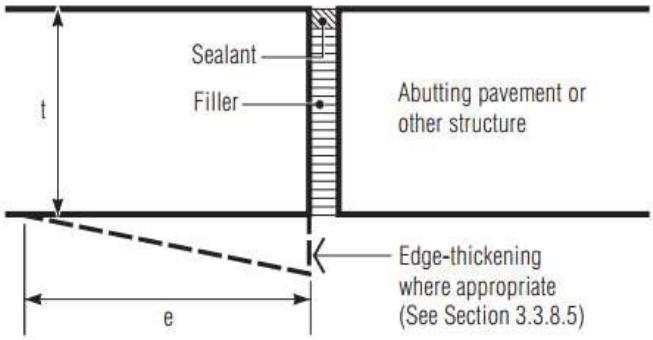


Figura 11. *Junta típica de aislamiento*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.7), realizado por CCAA, 2009.

2.2.2.1.2. Juntas de expansión

Las juntas de expansión se utilizan en pisos de concreto para permitir el movimiento del piso del concreto provocado por la humedad y la temperatura, pero sobre todo por las grandes fluctuaciones de temperatura (CCAA, 2009). La Figura 12, describe el detalle de una junta típica de expansión.

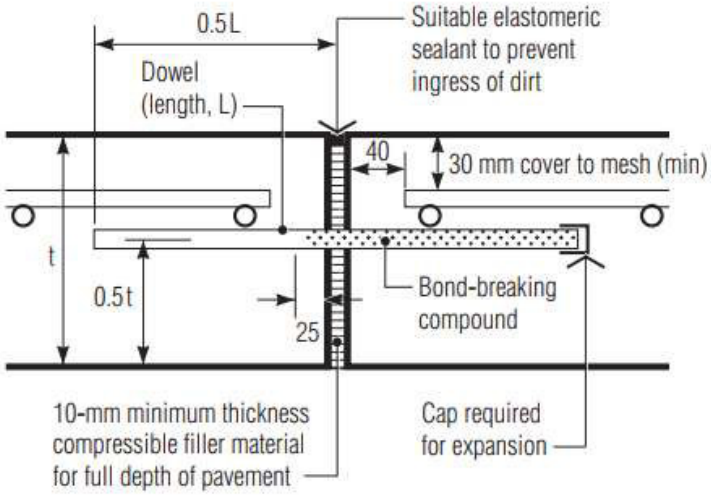


Figura 12. *Junta típica de expansión*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.7), realizado por CCAA, 2009.

Por lo general, no se requieren juntas de expansión en los pisos internos, ya que no están sujetos a grandes fluctuaciones de temperatura, sin embargo, en caso se requiera de juntas de expansión, el ancho de las juntas debe llevar un blindaje para evitar el desgaste, además las juntas deben llevar algún dispositivo de transferencia de carga debido a la separación de los paneles adyacentes (CCAA, 2009; Steve Metzger, 2005).

2.2.2.1.3. Juntas de construcción

Se dividen en juntas de construcción longitudinales y juntas de construcción transversales. Las juntas de construcción longitudinales se usan para formar los bordes de cada vaciado y para separar zonas de concreto vaciadas en diferentes momentos (CCAA, 2009). La Figura 13, muestra el detalle de las juntas de construcción longitudinales que se usan en pisos de concreto.

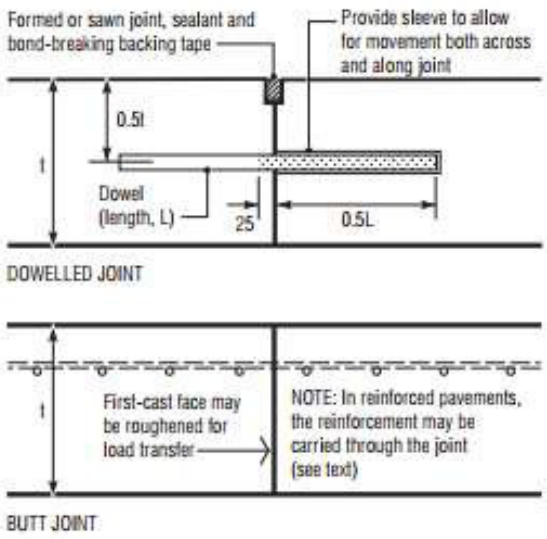


Figura 13. *Junta longitudinal típica de construcción*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.8), realizado por CCAA, 2009.

Por otro lado, las juntas de construcción transversales se colocan en sitios planificados, sin embargo, también se colocan en lugares no planificados debido a causas inesperadas por condiciones climáticas o problemas en los equipos (CCAA, 2009). La Figura 14, muestra las juntas típicas de construcción transversales en pisos de concreto.

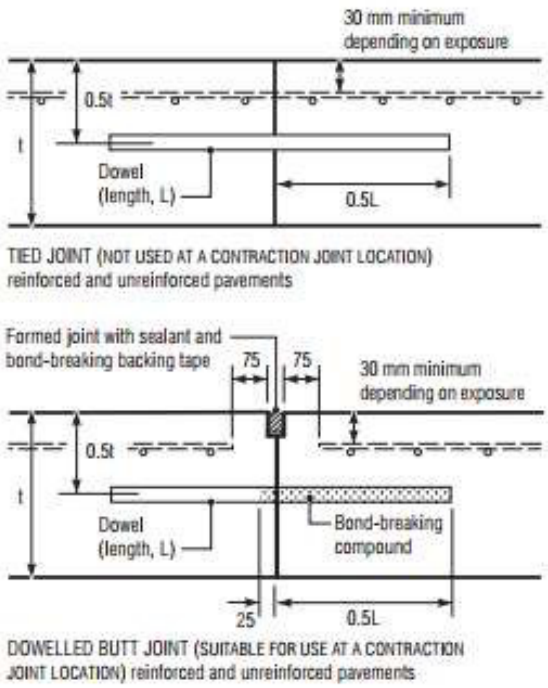


Figura 14. *Junta transversal típica de construcción*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.9), realizado por CCAA, 2009.

Las juntas de construcción tienen bordes más débiles que las juntas de contracción debido a la falta de densificación del concreto, por lo que se recomienda realizar cortes de 1" (25 mm) para que cualquier debilidad inherente en el borde de la junta sea revelada (Steve Metzger, 2005). Por ello, su exposición al tráfico de vehículos debe ser mínima y se recomienda ubicarlas dentro del sistema de estanterías cuando se realice el diseño de juntas (Steve Metzger, 2005).

La única forma segura de lograr la transferencia de carga en las juntas de construcción es mediante el uso de dispositivos de transferencia de carga (Steve Metzger, 2005; CCAA, 2009; ACI Committee 360, 2006).

2.2.2.1.4. Juntas de contracción

Estos tipos de juntas se colocan en los pisos de concreto para reducir el potencial de fisuración aleatoria generada por la contracción del concreto. La Figura 15, muestra las juntas de contracción típica para un piso de concreto con refuerzo y sin refuerzo.

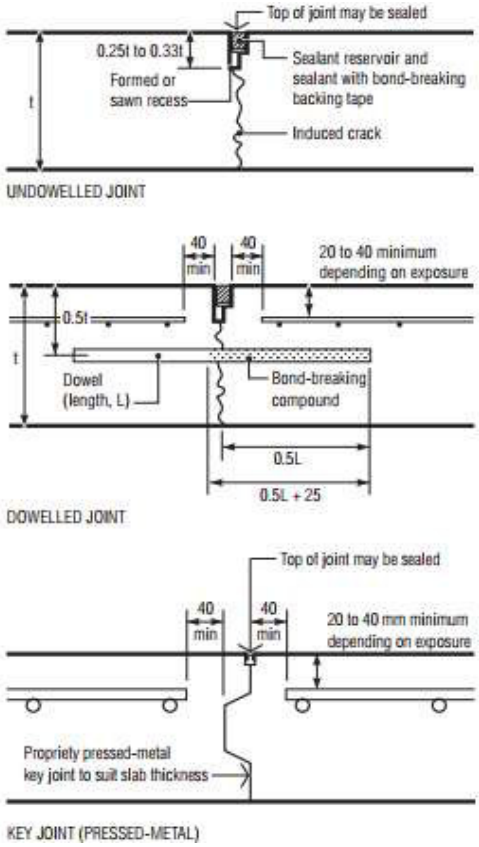


Figura 15. *Junta de contracción típica en piso de concreto con o sin refuerzo*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.8), realizado por CCAA, 2009.

Las juntas, en este caso, funcionan como un plano debilitado del piso mediante un corte o formando una ranura a una profundidad de 1/4 o 1/3 del espesor del piso, lo que induce a que la fisura se desarrolle debajo del corte (CCAA, 2009; Steve Metzger, 2005). En efecto, la junta de contracción es una fisura planificada

La distancia entre juntas de contracción en pisos de concreto no reforzado debe seleccionarse de tal forma que el movimiento de la junta no signifique que se pierda la trabazón de agregados (Miltenberger y Attiogbe, 2002; ACI Committee 302,2015; CCAA, 2009). Generalmente, se acepta que la transferencia de carga mediante la trabazón de agregados se ve comprometida si la fisura debajo de la junta es mayor a 0,035 pulg. (0,9 mm) y se debe instalar un dispositivo de transferencia de carga o el espesor del piso de concreto debe diseñarse como un borde libre (CCAA, 2009; ACI Committee 360, 2006; Steve Metzger, 2005).

2.2.2.2. Distancia entre Juntas

La distancia entre juntas especificada en los pisos es un factor importante que determinará la cantidad de fisuración aleatoria que experimentará el piso, por ello, la distancia entre juntas siempre debe seleccionarse cuidadosamente (ACI Committee 302, 2015).

En el caso de pisos de concreto, los factores considerados para seleccionar la distancia entre juntas de contracción según el comité ACI Committee 302 (2015) son:

- Método de diseño del piso (ACI 360).
- Espesor del piso
- Tipo, cantidad y ubicación del refuerzo.
- Potencial de contracción del concreto, incluyendo tipo y peso del cemento; tipo, tamaño, gradación y calidad del agregado; aditivos; y temperatura del concreto.
- Fricción de la base.
- Restricciones del piso.

- Disposición de cimientos, bastidores, fosos, plataformas de equipos, zanjas y discontinuidad del piso.
- Factores ambientales como viento, temperatura y humedad.

Tradicionalmente, para establecer el espaciado de juntas en los pisos de concreto se basaron en los valores propuestos por la PCA (Portland Cement Association) en función al tamaño del agregado, el asentamiento del concreto y el espesor del piso. Estos valores se desarrollaron empíricamente a partir de años de evaluación y experiencia práctica (Miltenberger y Attiogbe, 2002). La Figura 16,muestra las recomendaciones de distancia entre juntas utilizadas tradicionalmente por la PCA.

Slab thickness, in.	Spacing, ft., when aggregate is less than ¾ in.	Spacing, ft., when aggregate is larger than ¾ in.	Spacing, ft., when slump is less than 4 in.
5	10	13	15
6	12	15	18
7	14	18	21
8	16	20	24
9	18	23	27
10	20	25	30

Figura 16. *Distancia entre juntas en pisos de concreto según la PCA*

Nota: Tomado de "Shrinkage-Based Analysis for Control-Joint Spacing in Slabs-on-Ground Miltenberger y Attiotbe"(p.352), por Miltenberg y Attiogbe, 2002, *Aci Structural Journal*, 99-S37.

La PCA estableció como espaciado para juntas de control de pisos entre 24 a 36 veces el espesor de la losa (Kosmatka et al., 2004; Miltenberger y Attiogbe, 2002). Estas relaciones funcionan para la mayoría de pisos, sin embargo, en muchos casos el piso de concreto no tiene un desempeño adecuado con respecto a la contracción presentando meses después de la construcción grietas a nivel intermedio de la superficie de la losa (Miltenberger y Attiogbe, 2002).

Por ello, el ACI Committee 360 (2006) ha realizado recomendaciones del distanciamiento entre juntas basado en el espesor del piso y la contracción última del concreto determinado por ACI 209. Sin

embargo, el procedimiento de cálculo no está definido por el comité ACI 360, además la predicción de la contracción ultima mediante el modelo ACI 209 no se ajusta a todos los tipos de concreto (ACI Committee 209, 2008; Fu et al., 2012). La Figura 17, muestra las distancias entre juntas recomendadas en función al espesor del piso y los niveles de contracción última del concreto según el ACI Committee 360 (2006).

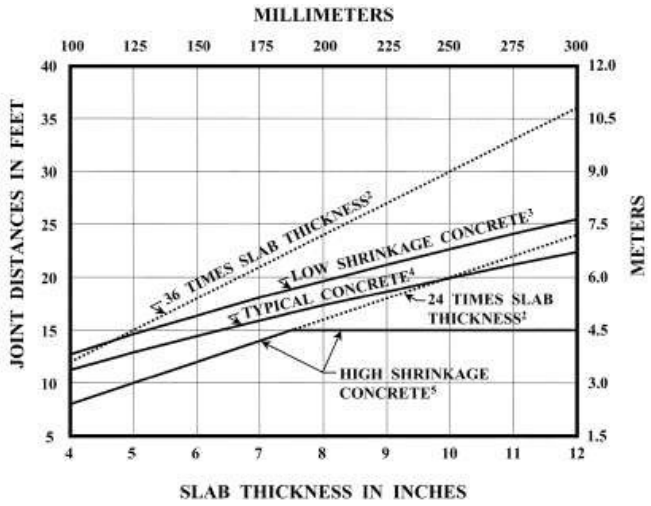


Figura 17. *Distancia entre juntas para pisos de concreto según el ACI Committee 360 (2006)*

Nota: Tomado de "Guide to Design of Slabs-on-Ground"(p. 24), realizado por ACI Committee 360,2006.

Se hace énfasis en que los distanciamientos recomendados por el comité ACI 360 estan destinados a mitigar la aparición de fisuras en el intermedio del panel de la losa, y son independiente de los requisitos de transferencia de carga en las juntas (ACI Committee 360, 2006).

Por otro lado, un estudio realizado por Miltenberger y Attiogbe (2002) presenta un enfoque para cuantificar la contracción por secado y la distancia entre juntas de control para pisos de concreto. Este análisis tiene en cuenta los efectos de la contracción, la fluencia por tracción, el refuerzo y la fricción de la subrasante. La ecuación propuesta por Miltenberger y Attiogbe (2002) se muestra en (1)

$$L = \frac{w_{cr}}{\left[(1-\alpha_{sr})\varepsilon_{ft} + \alpha_{sr}\varepsilon_{fb}\right]\left[1-\alpha_{rr}\left(\frac{\rho n}{\rho n+1}\right)\right]} \quad (1)$$

Donde:

L: Máxima distancia entre juntas.

w_{cr}: Ancho de fisuración esperado.

ε_{fb}: Contracción por secado libre en la base de la losa.

ε_{ft}: Contracción por secado libre en la superficie de la losa.

α_{rr}: Grado de restricción dado por el refuerzo.

α_{sr}: Grado de restricción dado por la humedad.

ρ: Cuantía del acero de refuerzo.

n: Relación entre módulo de elasticidad del acero y el concreto.

2.2.2.2.1. La contracción última del concreto

La contracción es una característica inherente al concreto. Según Steve Metzger (2005) Un piso de concreto nunca será más grande que el día que se coloca, la dimensión lineal de cada segmento de piso se acorta en la medida que se evapora el exceso de agua en el concreto. Esta contracción relacionada con la perdida de agua por el secado del concreto cuando está expuesto a condiciones ambientales se le llama contracción por secado. En este apartado, la contracción última se refiere a la contracción que ocurre cuando el concreto deja de contraerse debido al secado. En este punto se espera que la pérdida del agua en el concreto producto del secado haya terminado.

La contracción del piso ocurre durante años, generalmente se acepta que el 30% de la contracción esperada se produce en los primeros 30 días después del vertido y al año un total de 80-90% de la contracción esperada, el equilibrio lleva años o décadas (Steve Metzger, 2005).

Según Steve Metzger (2005) cuando diseñamos un piso y las juntas del piso, siempre debemos mirar más allá de las primeras etapas y diseñar cómo se verá el piso y las juntas a los 3 meses, 6 meses y 12 meses después. Realizar mediciones de contracción para estos periodos no son viables, por ello es importante estimar la contracción por fines de diseño.

Por su parte, el ACI Committee 360 (2006) realiza el cálculo de la distancia entre juntas del piso en función a la contracción última del concreto estimada de acuerdo a ACI 209. Sin embargo, los modelos descritos en ACI 209 presentan dificultades para predecir la contracción del concreto debido a la variedad de materiales como tipos de cemento, adiciones cementicias suplementarias, agregados ligeros y aditivos reductores de contracción (ACI Committee 209, 2008; Fu et al.,2012). Por ejemplo, algunos cementos cumplen las especificaciones de los cementos Tipos I, II y III simultáneamente; además, las múltiples adiciones al clínker permitidas en los cementos adicionados y de alto performance son desconocidas para el diseñador, lo que dificulta el uso de estos modelos (ACI Committee 209, 2008).

Una alternativa que se ha demostrado con éxito para estimar la contracción última del concreto con agregados ligeros y aditivos reductores de contracción se basa en un ajuste no lineal a los valores de contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157 (Fu et al., 2012). Para el ajuste no lineal se utilizan los valores de contracción obtenidos durante 91 días de secado (tiempo recomendable) de acuerdo al ensayo ASTM C157 y la ecuación del tiempo descrita en ACI 209. Se manipulan los parámetros de la ecuación (parámetros de forma y la contracción ultima) para ajustar la ecuación a los valores de contracción con un nivel de correlación >0.99.

Estos valores de contracción nos proporcionan un mejor cálculo de la distancia entre juntas tanto para el método recomendado por ACI Committe 360 (2006) y Miltenberger y Attiogbe (2002).

2.2.2.2.2. Espesor del piso

El espesor del piso se determina, básicamente, para que el concreto resista las cargas aplicadas sobre el piso. Según la CCAA (2009) las cargas van desde cargas dinámicas por las ruedas de los vehículos hasta cargas distribuidas de material apilado, por lo que el espesor del piso debe asegurar un desempeño adecuado del piso bajo todas las cargas aplicadas. Este espesor designado debe evitar esfuerzos de flexión excesivos que provoquen fisuramiento del concreto, esfuerzos de apoyo excesivos en la superficie del concreto, esfuerzos cortantes de punzonamiento excesivos por cargas concentradas y deflexiones

diferenciales en las juntas, así como deflexiones excesivas debido al asentamiento de la subrasante (CCAA,2009). Sin embargo, el espesor del piso, por lo general, es gobernado por la resistencia a la flexión del concreto (CCAA, 2009).

En la Figura 18, se proporcionan espesores mínimos para pisos industriales y comerciales de carga ligera que han demostrado un buen desempeño en base a la experiencia del CCAA (2009)

Typical application	Rating of subgrade*	Minimum thickness of base (mm)
Shops, garages mainly for private cars, light industrial premises with live loading up to 5 kPa	Poor	150
	Medium to Good	130
Garages mainly for commercial vehicles, industrial premises, warehouses with live loading between 5 and 20 kPa	Poor	200
	Medium to Good	180

** Refer to Table 1.5 and Table 2.1 for subgrade ratings*

Figura 18. *Espesores mínimos para pisos industriales y comerciales de carga ligera*

Nota. Tomado de "Guide to industrial floors and pavements – design, construction and specification"(p.27), realizado por CCAA, 2009.

Por otro lado, un mayor espesor de la losa permite obtener menores deflexiones verticales de alabeo en las esquinas de las losas (ACI Committee 360, 2006).

2.2.2.3. Propiedades del concreto para pisos

Según Steve Metzger (2005) los pisos son: "Numerosos segmentos de pisos más pequeños separados y conectados por juntas" (p.23). Por ello, cualquier problema relacionado con el piso sea referente al diseño y construcción se verá reflejado en las juntas al ser la parte más frágil (Steve Metzger, 2005). El concreto para piso, además de cumplir con los requisitos estructurales y de contracción por secado debe brindar las características adecuadas de trabajabilidad y fraguado necesarias para obtener el acabado requerido y el perfil de la superficie del piso (ACI Committee 302, 2015). Por lo que se debe desarrollar una comprensión de la mezcla de concreto (ACI Committee 302, 2015).

Los materiales cementicios, los agregados y los aditivos particulares utilizados pueden afectar significativamente la resistencia, las características de fraguado, la trabajabilidad, la capacidad de acabado y la contracción del concreto a una determinada relación w/cm (ACI Committee 302, 2015). La adición del aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto puede alterar las propiedades del concreto para pisos, y si estos efectos no son evaluados se verán reflejados en el piso y las juntas, independientemente de la reducción de juntas generada por el aditivo, lo que podría restringir su uso.

2.2.2.3.1. Trabajabilidad del Concreto

La trabajabilidad del concreto es definida como la capacidad de una mezcla de concreto en estado fresco para ser colocada, consolidada y acabada en la superficie para una aplicación específica (Kosmatka et al., 2004; Mehta y Monteiro, 2006; Cook, 2015)

En pisos, según ACI Committee 302 (2015) la colocación del concreto y la capacidad de acabado de la superficie son al menos tan importantes como las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto. En los pisos de concreto se debe tener especial cuidado con el flotado y acabado de los bordes de las juntas (ACI Committee 302, 2015), ya que las juntas de construcción tienden a presentar desconchados por la falta de densificación adecuada durante el acabado del concreto (Steve Metzger, 2005).

Por su parte, ACI Committee 212 (2016) indica que “Al igual que con todas las mezclas de concreto, cada mezcla que contenga SRA o SCA debe evaluarse para conocer las propiedades del concreto fresco, como la trabajabilidad adecuada y la capacidad de acabado” (p.35). Por otra parte, el ACI Committee 360 (2006) en su capítulo sobre 1.6. Investigaciones Futuras, especifica que se requiere investigación adicional en: “Desarrollar proporciones de mezcla de concreto que tengan baja características de contracción, pero aún son trabajables, terminables, y proporcionar una superficie útil” (p.5).

El concreto puede ser colocado en diferentes aplicaciones como pavimentos, cubiertas de puentes, losas de piso y muros verticales (Cook, 2015). Sin embargo, los requisitos de trabajabilidad van a cambiar de acuerdo al tipo de aplicación; por ejemplo, no es lo mismo realizar un vaciado directo en un pavimento inclinado que realizar un vaciado con bomba para un piso de concreto.

Se hace énfasis en que la trabajabilidad de una mezcla de concreto no es proporcional al asentamiento y su aumento por sí solo no asegura caracteristicas satisfactorias de trabajabilidad del concreto (ACI Committee 302, 2015). Sin embargo, un estudio realizado por Cook (2015) propone indicadores como asentamiento, la observación visual, la reología y la terminabilidad del concreto.

Asentamiento

El ensayo de asentamiento ha sido la prueba más usada para medir la trabajabilidad del concreto en todas las aplicaciones, fue desarrollado para evaluar la consistencia plástica y cohesiva del concreto fresco (Cook, 2015). El asentamiento del concreto se obtiene siguiendo los pasos establecidos por la norma ASTM C143, una representación del ensayo se muestra en la Figura 19.

Figura 19. *Asentamiento del concreto según la norma ASTM C143*

Nota. Tomado de “Aggregate Proportioning for Slip Formed Pavements and Flowable” (p. 126) , por Daniel Cook, 2015, *Oklahoma State University.*

Las normas recomiendan utilizar este ensayo en mezclas con un asentamiento entre 0,5 a 9 pulgadas. Algunas aplicaciones como una zapata pueden requerir un asentamiento de 2” mientras que una losa de piso puede requerir un asentamiento de 6” (Cook, 2015). Los asentamientos de concreto fluido se pueden especificar en un rango de 2 a 8 “

Esta norma es usada comúnmente para medir la trabajabilidad de una mezcla, pero esta no mide realmente la trabajabilidad de una mezcla de concreto, específicamente en concretos con alta fluidez o poca trabajabilidad. Por ejemplo, la prueba ASTM C143 no puede imitar el vibrador de una pavimentadora con encofrado deslizante o la facilidad con la que se puede vaciar el concreto o la capacidad de bombeo (Cook et al., 2013).

Observación Visual

Muchos contratistas han venido utilizando la observación visual para evaluar la trabajabilidad de las mezclas de concreto debido a la falta de pruebas significativas para medir la trabajabilidad (Cook, 2015). Estas observaciones visuales están basadas en el comportamiento de las propiedades características de la mezcla de concreto observadas por el contratista como rigidez, flujo, cohesión, riqueza y acabado superficial o terminabilidad (Cook, 2015). La Figura 20, muestra una breve descripción de cada comportamiento de la mezcla de concreto y la pregunta del método de laboratorio para cada propiedad.

Terminabilidad del concreto - The float test

Es un indicador propuesto por Cook (2015) para poder evaluar la capacidad con la que se puede acabar la superficie del concreto. La idea es eliminar los vacíos, proporcionar una textura adecuada y nivelar la superficie del concreto. Este proceso de flotación del concreto se realiza siempre en los pisos de concreto, y puede afectar los otros procesos de acabado.

Caracteristica de comportamiento	Evaluación de observación visual
Rigidez	Describe el esfuerzo requerido para iniciar el movimiento de la mezcla Método de evaluación de laboratorio ¿Cuál es la dificultad de insertar una cuchara de mano en el concreto?
Fluidez	Describe el esfuerzo requerido para mover continuamente el concreto Método de evaluación de laboratorio ¿Qué tan bien fluye el concreto mientras se mezcla en el tambor?
Terminabilidad	Describe el esfuerzo necesario para terminar adecuadamente la superficie Método de evaluación de laboratorio ¿Qué tan difícil es flotar la superficie del concreto?
Riqueza	Describe la proporción de arena y pasta para lograr la trabajabilidad requerida Método de evaluación de laboratorio ¿El contenido de la proporción de pasta y arena de la mezcla podrá lograr los requisitos adecuados de fluidez y acabado superficial?
Cohesión	Capacidad de la mezcla para ser homogénea en reposo y en movimiento Método de evaluación de laboratorio ¿Se segrega esta mezcla mientras se mezcla, se descarga de la mezcladora o se deposita en la carretilla?

Figura 20. *Método de observación visual para las mezclas de concreto*

Nota. Adaptado de "Aggregate Proportioning for Slip Formed Pavements and Flowable" (p. 133) , por Daniel Cook, 2015, *Oklahoma State University.*

Cook (2015) propone un ensayo para poder evaluar la capacidad con la que se puede acabar la superficie del concreto mediante un Bull float como se muestra en la Figura 21.

El ensayo está compuesto de dos partes, la primera parte del ensayo (Remove Hole) consiste en evaluar con cuántas pasadas del Bult float se pueden recubrir 3 huecos de 1" de diámetro en la superficie del concreto con la intención de suponer los orificios que dejan los agregados grandes cuando se retiran de la superficie de concreto y la segunda parte (Remove Texture) consiste en determinar con cuantas pasadas del Bult float se puede lograr una superficie completamente terminada. En función al número de pasadas del bull float para lograr la superficie terminada se le da una calificación a la prueba.

Figura 21. *Acabado de superficie con Bull Float*

Nota. Tomado de "Aggregate Proportioning for Slip Formed Pavements and Flowable" (p. 137) , por Daniel Cook, 2015, *Oklahoma State University.*

Reología del concreto

Según Cook (2015) las propiedades de fluidez de una mezcla del concreto o también llamada propiedades reológicas han sido un indicador clave de la trabajabilidad del concreto.

Estos parámetros para evaluar la Reología de una mezcla de concreto fueron definidos y explicados de la siguiente manera:

Static yield stress: Se define como el esfuerzo necesario para poder dar movimiento inicial a un fluido. En el caso de las mezclas de concreto podría explicarse como el esfuerzo necesario para que el concreto inicie el movimiento en el chute o el esfuerzo inicial para que el concreto pueda ser bombeado.

Dynamic yield stress: Se define como el esfuerzo necesario para poder generar un movimiento continuo del fluido. En el caso del concreto podría explicarse como el esfuerzo necesario para generar un movimiento continuo en el chute o el esfuerzo necesario para que el concreto fluya continuamente en una bomba de concreto.

Viscosity: Definida como la capacidad de un fluido de ofrecer resistencia a un esfuerzo cortante. En el concreto se puede observar por la velocidad con la que la mezcla puede ser trasladada en el chute o la velocidad con la que puede ser bombeada la mezcla.

Para evaluar la Reología, Cook (2015) utilizo un reómetro de la marca ICAR como se muestra en la Figura 22, basándose en los parámetros de Static yield stress, Dynamic yield stress y viscosity.

Figura 22. *Medición de los parámetros reológicos con el reómetro ICAR*

Nota. Tomado de "Aggregate Proportioning for Slip Formed Pavements and Flowable" (p. 141) , por Daniel Cook, 2015, *Oklahoma State University.*

2.2.2.3.2. Resistencia a la Compresión

Es una propiedad del concreto fundamental para el diseño de cualquier estructura de concreto. Según ACI Committee 360 (2006) la razón principal para controlar la resistencia a la compresión es controlar el módulo de ruptura del concreto y, de esta manera, garantizar que el espesor del piso sea suficiente para transmitir las cargas a la subrasante.

El ACI Committee 302 (2015) proporciona valores de resistencia a la compresión para las diferentes clases de pisos como se presenta en la Figura 23.

Floor class*	Specified compressive strength f_c' on 28-day tests, psi (MPa)	Maximum slump at placement†, in. (mm)
1, 2, and 3	3000 (21)	5 (125)
4, 5, and 6	3500 (24)	5 (125)
7 base	3500 (24)	5 (125)
7 bonded topping‡	5000 (35)	3 (75)
8 unbonded topping§	4000 (28)	3 (75)
9 superflat	4000 (28)	5 (125)

Figura 23. *Recomendaciones de resistencia y asentamiento para diferentes pisos de concreto*

Nota. Tomado de "Guide to Concrete Floor and Slab Construction"(p.22), realizado por ACI Committe 302, 2015.

Sin embargo, la resistencia del concreto debe ser consultada al diseñador antes de someter a las primeras cargas de construcción al piso de concreto por lo que puede ser necesario una mayor resistencia para soportar las cargas de construcción (ACI Committee 302,2015). Esto se puede lograr mediante la adición de un mayor contenido de cemento o través de una relación a/mc más baja en el diseño de mezcla, pero se debe tener en cuenta su efecto en la contracción del concreto.

Otra alternativa para el diseño de pisos podría considerar usar valores de resistencia a los 60 días, 90 días o más para diseñar el espesor de la losa en lugar de resistencias a los 28 días. De esta manera, se podría reducir la contracción del concreto, además de diferir el relleno y sellado de las juntas durante este periodo de tiempo donde la contracción es significativa (ACI Committee 360, 2006), siempre y cuando no se apliquen las cargas de diseño durante este periodo.

Según el ACI Committee 318 (2019) la resistencia a la compresión del concreto corresponde al promedio de la resistencia de dos probetas de 150 mm (6") de diámetro y 300 mm (12") de altura; también se puede obtener al promediar la resistencia de tres probetas de 100 mm (4") de diámetro y 200 mm (10") de altura. Estos cálculos de resistencia deben ser llevados a cabo según la norma ASTM C39.

2.2.2.3.3. Resistencia a la flexión

Es uno de los parámetros más usados en el concreto para diseñar elementos sometidos a flexión. Según la CCAA (2009) Para la mayoría de los pisos, la consideración rectora del diseño será el esfuerzo de tracción por flexión inducido en el concreto por las cargas de las ruedas o las cargas apiladas. Esta propiedad del concreto define el espesor del piso, el cual posteriormente se utilizará para el cálculo del distanciamiento entre juntas.

La resistencia a la flexión del concreto se calcula siguiendo los procedimientos establecidos por la norma ASTM C78. Los resultados de este ensayo se calculan e informan como módulo de rotura.

Este ensayo se utiliza principalmente para la construcción de pisos y pavimentos (ASTM C78, 2018), ya que soportan principalmente cargas que generan flexión. Por lo general, para el diseño de pisos de concreto se solicita un valor de Modulo de rotura (MR) en el concreto a 28 días.

2.2.2.3.4. Contracción del Concreto

Durante la etapa de endurecimiento, por lo general, el concreto es curado para mantener estables las condiciones de temperatura y humedad, de esta forma el concreto puede desarrollar sus propiedades características de resistencia y durabilidad (Poole, 2005). Una vez que se retira el curado, el concreto se contrae por la pérdida de humedad que experimenta en condiciones ambientales de temperatura y humedad, esta contracción es llamada contracción por secado.

En estructuras con una gran superficie, como los pisos de concreto, la contracción por secado se presenta en mayor grado. Esta contracción no sería un problema si el concreto no estuviera restringido (contracción libre), pero en la práctica, el concreto del piso se encuentra restringido por la subbase, además de otras restricciones como el acero de refuerzo y la restricción interna generada por el gradiente de humedad (Miltenberger y Attiogbe, 2002) y, en algunos casos, algunos elementos constructivos. Esta contracción restringida genera ciertos esfuerzos de tracción en el concreto que al superar su resistencia a la tracción se producen fisuras de manera aleatoria (Kosmatka et al., 2004)

Para el control de la fisuración del concreto, normalmente, se realizan unos cortes intencionales en el piso llamado juntas, para inducir a la fisura en esa zona de corte. Sin embargo, cada panel del piso seguirá contrayéndose en la medida que se evapora el agua del concreto, la contracción hace que las juntas se ensanchen lo que significa una mayor exposición al tráfico de ruedas, también puede perderse la conexión de los paneles (transferencia de carga) generándose deflexiones en las juntas que hacen perder la uniformidad del piso exponiéndolas a un mayor deterioro (Steve Metzger, 2005; CCAA, 2009).

Debido a que los proyectos de construcción del piso tardan menos de un año en construirse estos efectos de la contracción no serán visualizados ni bien se termine el piso, ya que generalmente se acepta que 30% de la contracción del concreto se produce durante los primeros 30 días después del vaciado y entre 80% a 90 % de la contracción ocurre al año, sin embargo, el equilibrio puede llevar años o décadas (Steve Metzger, 2005). Por ello, cuando se realiza el diseño del piso y las juntas se debe proyectar el diseño a 3meses, 6 meses y 12 meses después (Steve Metzger, 2005).

La contracción del concreto se mide como cambio de longitud y se realiza de acuerdo a la norma ASTM C157. Este cálculo es poco viable realizarlo por periodos largos, sin embargo, los resultados a corto plazo pueden dar información muy útil. Un tiempo prudente es realizar mediciones a 91 días de secado, ya que una contracción significativa ocurre dentro de este periodo (ACI Committee 302, 2015). Además, contribuye a los siguientes objetivos:

- Evaluar la influencia de algún aditivo o componente del concreto que modifique la contracción (Di Pace, 2021)
- Proponer límites de contracción para reducir el potencial de fisuración en pisos y pavimentos. (Nassif et al.,2007; Ideker et al., 2013; Bartojay y Lucero, 2018; Domanicsky y Olivella, 2021).

- Comparar la contracción de la mezcla de concreto especificada o de referencia usando pruebas ASTM C 157/C157M con los valores de contracción obtenidos mediante el modelo ACI 209 (ACI Committee 302, 2015)
- Estimar la contracción última del concreto mediante el ajuste no lineal a los valores de contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157 (Fu et al., 2012)
- Diseñar los pisos de concreto por valores de contracción y resistencia a 91 días. Reduciendo los costos de mantenimiento de relleno y/o sellado de juntas (Steve Metzger, 2005).

Cambio de longitud

La contracción y los cambios de volumen del concreto se expresan, por conveniencia, en términos de unidades lineales o cambios de longitud expresados en partes por millón, es decir, millonésimas o también puede ser expresado en términos de porcentaje (Kotmaska et al., 2004). En algunos estudios también se viene usando el termino microdeformaciones o microstrain para expresar el cambio de longitud en el concreto, este sería un equivalente a las partes por millón mencionadas. En términos de equivalencia, por ejemplo, una contracción del orden de 500 millonésimos o 0.000500 m/m (0.000500 pulg. /pulg.) equivale a 0.05% o 500 microstrain.

Según Kosmatka et al. (2004), los valores típicos de contracción debido al secado que experimenta el concreto está en el orden de 0.04% a 0.08%. Por otra parte, Claisse (2015) menciona que la contracción por secado en el concreto, normalmente, es de 500 microstain a los 28 días de secado al 50% de humedad relativa.

La contracción por secado del concreto se mide de acuerdo a la norma ASTM C157. Sin embargo, la investigación realizada por Khajehdehi y Darwin (2018) permite calcular el cambio de longitud para mezclas con potencial expansivo, mediante la modificación en la medición inicial del ensayo ASTM C157 después del tiempo final de fraguado.

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. La Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

- El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto reduce las juntas en los pisos de la ciudad de Lima.

3.1.2. Hipótesis Especificas

- El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto mejora la trabajabilidad del concreto.
- El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto no influye en la resistencia a la compresión del concreto.
- El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto no influye en la resistencia a la flexión del concreto.
- El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto compensa y reduce la contracción del concreto.
- El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto incrementa la distancia entre juntas en los pisos

3.2. Variables

3.2.1. Variable Independiente

- Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto

Esta variable se refiere a la adición de un aditivo compensador y reductor de la contracción, compuesto a base de óxido de magnesio y eterglicol, en el concreto para pisos de clase 6 (f'c≥24MPa) de acuerdo al ACI Committee 302 (2015), el cual es expuesto al tráfico de montacargas.

Esta variable presenta dos dimensiones, las cuales son el cemento tipo I y el cemento tipo HS, a las que se les añadirá el aditivo compensador y reductor de la contracción en dosis del 0%, 2%,4.5% y 7%

con respecto al peso del cemento. El indicador de la variable son los tipos de mezcla de concreto que en total fueron 8.

3.2.2. Variable Dependiente

- Las juntas en los pisos

Esta variable se refiere a las juntas como un problema potencial en los pisos del concreto al ser la parte más vulnerable del piso y requerir reparaciones, por lo que se busca reducir en número (CCAA; 2009, Steve Metzger, 2005). Según Steve Metzger (2005) los pisos de concreto son un conjunto de paneles separados y conectados por juntas, por lo tanto, entre juntas habrá un panel de concreto que tenga cierta distancia y propiedades caracteristicas del concreto. Según Steve Metzger (2005) cualquier problema de diseño o construcción en el piso se verá reflejado en las juntas al ser la parte más frágil.

Por lo tanto, se seleccionaron como dimensiones la distancia entre juntas y las propiedades del concreto para pisos.

Respecto a la dimensión propiedades del concreto, la trabajabilidad se evaluó por los problemas de densificación del concreto en las juntas de construcción y contracción, sobre todo en las de construcción por un mal acabado del concreto (ACI Committee 302, 2015; Steve Metzger, 2005). La resistencia a la flexión del concreto, se utiliza para controlar el espesor del piso de concreto (CCAA, 2009), pero por practicidad es controlada por la resistencia a la compresión del concreto. El espesor del concreto se utilizará para el cálculo de la distancia entre juntas. La contracción del concreto es importante para el diseño del piso y las juntas, está directamente relacionada con la apertura de las juntas, el potencial de fisuración del piso y la distancia entre juntas. (Steve Metzger, 2005; CCAA, 2009).

Respecto a la dimensión distancia entre juntas está relacionada a la distancia adecuada para reducir las fisuras aleatorias en el piso, su incremento permitirá reducir las juntas.

3.3. Operacionalización de variables

Variable independiente	Dimensión	sub dimensión	indicador	Instrumentos	Fuente
Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto	Cemento tipo I	-	0% peso del cemento	Diseño de mezcla del	Mixercon
				Metodos de optimización de agregados para pisos	ACI 302 (2015) y Cook(2015)
				Bombeabilidad del concreto	Cook et al. (2015) y ACI Committee 304
		-	2% peso del cemento	Diseño de mezcla del concreto	Especificaciones tecnicas del producto
		-	4.5% peso del cemento		
		-	7% peso del cemento		
	Cemento tipo HS	-	0% peso del cemento	Diseño de mezcla del	Mixercon
				Metodos de optimización de agregados para pisos	ACI 302 (2015) y Cook(2015)
				Bombeabilidad del concreto	Cook et al. (2015) y ACI Committee 304
		-	2% peso del cemento	Diseño de mezcla del concreto	Especificaciones tecnicas del producto
		-	4.5% peso del cemento		
		-	7% peso del cemento		
Variable dependiente	Dimensión	sub dimensión	indicador	Instrumento	Fuente
Las juntas en los pisos	Propiedades del concreto para pisos	Trabajabilidad del concreto	Asentamiento (Escala de cook)	wincha - cono de abrams	cook (2015)
			Observación visual (Escala de cook)	observación	
			Reología del concreto (Escala de cook)	reometro Icar	
			Terminabilidad (Escala de cook)	Bull float	
		Resistencia a la compresión del concreto	Esfuerzo a la compresión	Maquina de ensayo Uniaxial automatica	ASTM C39
		Resistencia a la flexión del concreto	Modulo de rotura	Equipo para flexión de dos puntos	ASTM C78
		Contracción del concreto	Cambio de longitud	tiempo de fragua final	ASTM C403 - Khaledehi y Darwin (2018)
				Comparador de longitud	ASTM C157
				Camara de secado	
				Moldes y pernos standarizados	ASTM C490
	Distancia entre juntas		Contracción Ultima	Ecuación (Contracción ultima del concreto, espesor de la losa, factores de correción)	Miltenberger y Attiogbe (2002); Fu et al. (2012)
			espesor del piso		

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de Estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de ensayo de materiales (LEM) de la empresa SIKA Perú, en la ciudad de Lima desde febrero del 2021 hasta mayo del 2022.

4.2. Materiales

Los materiales usados para la investigación fueron proporcionados por la empresa de concreto premezclado MIXERCON S.A. y la empresa de aditivos SIKA PERÚ SAC.

4.2.1. Agregados

Los agregados empleados para la investigación son lo que se usan en la producción diaria de concreto premezclado de la empresa Mixercon S.A. La Figura 24, muestra una foto de las actividades diarias en la planta Villa 2 – Mixercon, ubicada en Villa el salvador.

Figura 24. *Producción de concreto en Mixercon-planta villa 2*

En la Figura 25, se muestra el almacenamiento de los agregados en la planta de concreto premezclado. Posteriormente estos agregados fueron llevado a la empresa SIKA Perú para que se realice la parte experimenta como se muestra en la Figura 26.

Figura 25. *Almacenamiento de agregados en Mixercon - Planta villa 2*

Figura 26. *Transporte de agregados a la planta de Sika Perú*

Nota. Todos los agregado fueron transportados y almacenados en big bags.

La arena proviene de la cantera Cowa, esta arena es utilizada por la empresa de concreto premezclado Mixercon para la construcción de pisos y pavimentos. El agregado grueso proviene de la cantera Agrexa, este agregado es utilizado por Mixercon para la producción de concreto en general.

Los agregados utilizados en la investigación se muestran en la Figura 27.

HUSO 57	HUSO 5	ARENA COWA

Figura 27. *Agregados utilizados en la investigación*

Se utilizaron dos agregados gruesos. Un agregado grueso H57, de uso común para la producción de concreto y un agregado H5, el cual tiene más contenido de agregado retenido en la malla ¾". Todos los agregados cumplen los requerimientos de la norma ASTM C33.

4.2.2. Cementos

En la investigación se utilizó el cemento tipo I y el cemento tipo HS, ambos tipos de cemento utilizados en el concreto para pisos y pavimentos.

4.2.2.1. Cemento tipo I - NACIONAL

El cemento Nacional tipo I cumple con las especificaciones técnicas de la NTP 334.009 y la norma ASTM C150, como se muestra en la Figura 28.

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO I	CEMENTO TIPO I según NTP 334.009 y ASTM C-150
Contenido de aire. Máx. %.	9	12
Superficie específica (cm^2/g). Mín.	4000	2600
Densidad (gr /ml).	3.08	NE
Expansión en autoclave. Máx. %.	0.05	0.8
Resistencia a la compresión Kgf/cm^2.		
1 Día	170	NE
3 Días	290	122 min.
7 Días	330	194 min.
28 Días	400	NE
Tiempo de fraguado Vicat. Minutos.		
Inicial	110	45 min
Final	250	375 máx

Figura 28. *Propiedades del cemento tipo I - Nacional*

Nota. Tomado de "Ficha técnica Cemento Nacional – tipo I" (p.2), elaborado por Cemento Nacional, 2021.

El cemento tipo I de la marca NACIONAL es utilizado por la empresa de concreto premezclado Mixercon S.A en de su producción diaria de concreto, además es utilizado para satisfacer la demanda de concreto premezclado en proyectos de pisos y pavimentos

4.2.2.2. Cemento tipo HS - NACIONAL

El cemento tipo HS de la marca NACIONAL es utilizado por la empresa de concreto premezclado Mixercon S.A para satisfacer la demanda de concreto en proyectos que necesiten una elevada resistencia a los sulfatos. En los últimos años, este cemento ha venido siendo especificado para la construcción de pisos y pavimentos. El cemento tipo HS Nacional cumple con las especificaciones técnicas de la NTP 334.082 y la norma ASTM C1157, como se muestra en la Figura 29. Además, se caracteriza por presentar la adición de puzolana natural, escoria de alto horno y caliza finamente molida en su composición.

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO HS	CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE SEGÚN NTP 334.082 Y ASTM C-1157
Contenido de aire. Máx. %.	9	NE
Superficie específica (cm^2/g). Mín.	4250	NE
Expansión en autoclave. Máx. %.	0.07	0.8
Resistencia a la compresión Kgf/cm^2.		
1 Día	150	NE
3 Días	260	112 mín.
7 Días	300	184 mín.
28 Días	380	255 mín.
Tiempo de fraguado Vicat. Minutos.		
Inicial	140	45 mín.
Final	260	420 máx.
Expansión a los sulfatos (Método ASTM C-1012).		
06 meses.	0.03	0.05 máx.
12 meses.	0.05	0.1 máx.
Expansión en barra de morteros 14 días (Método ASTM C-1038).	0.01	0.02 máx.

Figura 29. *Propiedades del cemento tipo HS - Nacional*

Nota. La densidad del cemento HS es de 2.95 gr/ml. Tomado de "Ficha técnica Cemento Nacional – tipo HS"(p.2), elaborado por Cemento Nacional, 2021.

Se debe tener en cuenta que los valores mencionados en las propiedades físicas y químicas para ambos tipos de cemento corresponden al cemento utilizado durante la investigación. Es muy probable

que las propiedades cambien ligeramente en el tiempo debido a la variabilidad de los materiales, sobre todo en el cemento tipo HS, el cual no presenta restricciones en cuanto a sus materiales constituyentes por lo que deben evaluarse las propiedades físico químicas o consultar al productor de cemento.

4.2.3. Aditivos

Los aditivos utilizados fueron proporcionados por la empresa SIKA Perú, socio estratégico de la empresa de concreto premezclado Mixercon S.A.

Generalmente, la empresa Sika Perú proporciona a Mixercon S.A los aditivos Sikament TM 100 y Plastiment 90 PE, los cuales son usados en las actividades diarias de producción del concreto premezclado, con la finalidad de darle la trabajabilidad y la mantención adecuada al concreto premezclado. La dosificación de ambos aditivos se mantuvo constante en la investigación.

El aditivo a investigar es, Sika Control NS, un aditivo compensador y reductor de la contracción, este aditivo ha demostrado reducir eficientemente las fisuras por contracción y en otros casos extender la distancia de las juntas de contracción en pisos de concreto. La idea de Mixercon S.A y Sika Perú SA es probar este aditivo en el concreto producido por Mixercon para extender la distancia entre juntas y así reducir la cantidad de juntas.

A continuación, se dará una breve descripción de cada uno de los aditivos utilizados en la investigación:

4.2.3.1. Sikament TM-100

Sikament TM-100 es un aditivo tipo F de acuerdo a la norma ASTM C494. Es un superplastificante, reductor de agua de alto rango que produce en el concreto una consistencia superfluida o permite reducir el agua de mezclado. Este aditivo permite facilitar el bombeo del concreto y se caracteriza por dispersar las partículas de cemento, requiriéndose una menor cantidad de agua para generar la hidratación completa del cemento, provocando así la máxima eficiencia del cemento.

4.2.3.2. Plastiment 90 PE

Plastiment 90 PE es un aditivo plastificante retardante de fragua que permite mantener la trabajabilidad del concreto en el tiempo.

4.2.3.3. Sika Control NS

Sika Control NS es un aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA), compuesto por oxido de magnesio y éter glicol. Con respecto a la proporción de sus componentes la Figura 30 muestra un porcentaje aproximado de la participación de cada uno de los componentes.

Nombre químico	No. CAS	Clasificación	Concentra-ción (% w/w)
óxido de magnesio	1309-48-4		>= 70 - < 90
2-(2-butoxietoxi)etanol	112-34-5	Eye Irrit. 2A; H319	>= 1 - < 5
2-[2-(2-butoxietoxi)etoxi]etanol	143-22-6	Eye Irrit. 2A; H319	>= 1 - < 5
hidróxido de sodio	1310-73-2	Met. Corr. 1; H290 Skin Corr. 1A; H314 Eye Dam. 1; H318	>= 1 - < 5

Figura 30. *Componentes de Sika Control NS*

Nota. La concentración real se mantiene como secreto comercial. Tomado de "Hoja técnica de seguridad Sika Control NS", realizado por Sika USA, 2021.

El efecto del mecanismo dual para controlar la contracción permite producir un concreto de alto rendimiento con un potencial muy reducido de contracción, agrietamiento y ondulación por secado.

El aditivo sika control NS de acuerdo a las especificaciones técnicas del producto se recomienda en dosis del 2% al 7% con respecto al peso del cemento. Este producto puede ser aplicado en:

- Pisos de concreto, para compensar el agrietamiento por contracción por secado, controlar el alabeo de las losas y aumentar el espacio de las juntas.
- En elementos de concreto que presentan mucha restricción.
- En cubiertas de puentes y estacionamientos.
- En estructuras de concreto en masa, como presas, fundaciones y espesores de concreto que superen 1m.

- En estructuras de concreto que requieran mejorar su durabilidad como las expuestas a un ambiente marino, plantas de tratamiento de agua y presas.

4.3. Diseño de la investigación

La presente investigación muestra un alcance explicativo, ya que se busca evaluar la influencia de añadir un aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos la ciudad de Lima.

El diseño de investigación que se utilizó es experimental, ya que se manipulan las variables independientes para obtener cambios en la variable dependiente. Por otra parte, el diseño de la investigación es hipotético deductivo porque mediante la lectura de la teoría suponemos hipótesis que pueden dar solución al problema.

Para el caso de la manipulación de la variable independiente aditivo compensador y reductor de la contracción, se consideró utilizar el aditivo en dosis del 2%,4.5% y 7% con respecto al peso del cemento. Este porcentaje del aditivo se usó en base a las recomendaciones del fabricante que sugiere una adición de aditivo del 2% al 7%. Además, la adición de aditivo compensador y reductor de la contracción se realizó en los concretos elaborados con cemento tipo I y tipo HS, los cuales serán llamados concreto tipo I y concreto tipo HS, respectivamente.

La variable dependiente se midió en el concreto con y sin las variaciones del aditivo indicadas en la variable independiente. En ambos grupos se midió la trabajabilidad, la resistencia a la compresión del concreto, la resistencia a la flexión y la contracción del concreto.

Posteriormente, para determinar la dimensión Distancia entre juntas se realizó un cálculo basado en una modificación a la ecuación propuesta por Miltenberger y Attiotbe (2002) donde se utilizaron los valores estimados de la contracción del concreto mediante el ajuste no lineal a las mediciones realizadas en el ensayo experimental ASTM C157 y un espesor de piso (e =20cm) recomendado por la CCAA (2009).

4.4. Población y Muestra de la Investigación

Población objetivo: El universo poblacional está constituido por los concretos para pisos clase 6 (f'c≥ 24MPa) de acuerdo a lo propuesto por el comité ACI 302.

Muestra: La muestra está conformada por las mezclas de concreto para pisos con cemento tipo I, cemento tipo HS y el aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA)

Técnica de muestreo: No probabilístico e intencional.

Tamaño de la muestra: En total se evaluaron 8 tipos de concreto para piso clase 6. Inicialmente, se realizaron las mezclas de concreto con una relación agua/cemento (A/C) =0.65, sin embargo, mediante la optimización de agregados se logró reducir la relación A/C a 0.60 para lograr un asentamiento de 8". Luego, se añadió el SCRA al concreto de control en dosis del 2,4.5 y 7% con respecto al peso del cemento. Las mezclas de concreto realizadas se describen a continuación:

- Mezcla de concreto con cemento tipo I - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo HS - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo I y SCRA al 2% - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo I y SCRA al 4.5% - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo I y SCRA al 7% - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo HS y SCRA al 2% - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo HS y SCRA al 4.5% - A/C=0.60
- Mezcla de concreto con cemento tipo HS y SCRA al 7% - A/C=0.60

4.5. Procedimiento, Técnicas e Instrumentos y/o Fuentes de Recolección de Información

4.5.1. Procedimiento

La investigación se realizó en 3 fases.

En la primera fase se realizó la caracterización de los agregados y se partió de un diseño de mezcla que se usa en la empresa de concreto premezclado Mixercon para un concreto con f'c = 24MPa

(A/C=0.65), sin embargo, se optimizaron los agregados siguiendo las recomendaciones del comité ACI 302.1R y un estudio realizado por Cook (2015) para el diseño de concreto usados en pisos de concreto y el estudio realizado por Cook et al. (2015) para concreto bombeable.

En la segunda fase se evaluó el aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA) en las propiedades del concreto para pisos.

Para evaluar el efecto del SCRA en la trabajabilidad del concreto, se evaluó el indicador asentamiento para todas las mezclas y, adicionalmente se evaluaron los indicadores de observación visual, reología y terminabilidad del concreto para una dosis intermedia del SCRA, es decir, 4.5% con respecto al peso del cemento. El comparativo se realizó con el concreto tipo I. En estado fresco también se realizó un comparativo del tiempo de fraguado del concreto según la norma ASTM C403**.** El comparativo se realizó en ambos tipos de cemento y para una dosis de 4.5% del SCRA. Esto fue necesario para determinar el tiempo de desencofrado de las muestras de concreto que se realizan de acuerdo a la norma ASTM C157.

Posteriormente se evaluó la resistencia a la compresión en base a la norma ASTM C39 para una dosis del SCRA del 2%,4.5% y 7% con respecto al peso del cemento. El ensayo ASTM C39 se realizó para ambos tipos de cemento y se realizaron mediciones a edades de 7, 14, 28 y 91 días. También se evaluó la resistencia a la flexión del concreto en función a la norma ASTM C78 para una dosis del SCRA de 2%,4.5% y 7% con respecto al peso del cemento. El ensayo ASTM C78 se realizó para ambos tipos de cemento y se realizaron mediciones a edades de 7 y 28 días. Asimismo, se midió el cambio de longitud del concreto de acuerdo a un método modificado de la norma ASTM C157 para una dosis de SCRA del 2%,4.5% y 7% con respecto al peso del cemento. Las mediciones se realizaron semanalmente durante 105 días; 14 días de curado y 91 días de secado.

En la tercera fase se realizó el procedimiento para estimar la contracción última del concreto mediante el ajuste no lineal a los valores de contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157. Posteriormente, se calculó la distancia en las juntas de los pisos de concreto con cemento tipo I, tipo HS

y SCRA en base a la ecuación propuesta por Miltenberger y Attiogbe (2002) y en función a los valores de contracción estimados.

4.5.2. Técnicas e Instrumentos y/o Fuentes de Recolección de Información

Se emplearon las técnicas e instrumentos establecidos por las normativas ASTM (American Standard for Testing Materials) para caracterizar los materiales, elaborar los especímenes de concreto y medir las propiedades del concreto. Por otro lado, se utilizaron las recomendaciones encontradas en los códigos ACI (American concrete Institute) y las investigaciones realizadas por otros autores para diseñar mezclas de concreto para pisos. Asimismo, se utilizaron procedimientos encontrados en tesis, revistas e informes de investigación para medir las propiedades del concreto.

Estos datos fueron colocados en fichas técnicas de acuerdo a las normas establecidas y a las metodologías planteadas en otros estudios para la recolección de información. Las normas y/o técnicas; así como los instrumentos que se utilizaron para la obtención de datos se describen a continuación:

4.5.2.1. Granulometría de los agregados

La norma ASTM C136 permite determinar la distribución de tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante el tamizado de una muestra representativa de agregado. Este método de ensayo proporciona los datos de la clasificación del agregado para diseñar y controlar la calidad de la producción del concreto.

4.5.2.2. Contenido de material que pasa la malla N°200

Para el cálculo del contenido de material más fino que pasa la malla 75 um (N°200) que se encuentra en el agregado se siguieron los procedimientos establecidos por la norma ASTM C117. Este método calcula el contenido de la malla 75 um (N°200) mediante el lavado de los agregados.

4.5.2.3. Contenido de humedad de los agregados

Para el cálculo del contenido de humedad de los agregados, tanto de la humedad superficial como la que se encuentra en los poros de los agregados se siguieron los procedimientos establecidos por la norma ASTM C566.

4.5.2.4. Densidad relativa y absorción del agregado grueso

La norma ASTM C127 establece los pasos para obtener la densidad relativa y la absorción del agregado grueso. La densidad relativa se usa para calcular el volumen ocupado en la mezcla de concreto. La norma ASTM C127 muestra la densidad relativa del agregado en su condición seca, saturado superficialmente seca y la densidad relativa aparente.

4.5.2.5. Densidad relativa y absorción del agregado fino

La norma ASTM C128 establece los pasos para obtener la densidad relativa del agregado fino. La densidad relativa es calculada en la norma ASTM C128 como densidad relativa de masa seca, densidad relativa del agregado saturado superficialmente seco y densidad relativa aparente.

4.5.2.6. Diseño de mezcla

Para producir un concreto para pisos se debe tener en cuenta las propiedades del concreto en estado fresco y en estado endurecido. Por ejemplo, en estado fresco la trabajabilidad es de suma importancia porque no es lo mismo utilizar un concreto para un piso de pendiente inclinada o un piso sobre un terreno plano. Otra de las variables que condiciona la trabajabilidad del concreto es el bombeo, ya que muchos de los pisos de concreto a vaciar en la ciudad de lima presentan inaccesibilidad a un vaciado directo a través del mixer.

Por otro lado, el concreto usado en pisos debe cumplir con la resistencia a la compresión y/o resistencia a la flexión especificada en el proyecto, además controlar la contracción es de suma importancia para reducir la posibilidad de agrietamiento en el concreto.

En la práctica es complicado potenciar todas las propiedades del concreto, sin perjudicar a las demás. Por ejemplo, para mejorar la trabajabilidad del concreto se suele aumentar el contenido pasta en la mezcla, aumentando el contenido de agua o el contenido de cemento, en ambos casos aumentará la contracción del concreto. Por ello, un paso fundamental es reducir la contracción del concreto mediante la optimización de los agregados (ACI Committee 302, 2015).

Por lo tanto, el concreto de control presento las siguientes características:

- Concreto para piso clase 6 (f'c ≥ 24 MPa o 245 kg/cm^2)
- Asentamiento inicial entre 6 a 8". (Salida de la planta de concreto premezclado)
- Concreto bombeable
- Trabajabilidad adecuada para pisos
- Optimización los agregados en la mezcla de concreto

Concreto de diseño f'c= 24 MPa

Para el diseño de mezcla del concreto se partió del diseño utilizado en la empresa de concreto premezclado Mixercon para producir un concreto con un f'c=245 kg/cm^2 o 24 MPa. Este concreto tenía la siguiente dosificación:

- Contenido de cemento: 300 kg/m^3 (Cemento Nacional tipo I, Cemento Nacional tipo HS).
- Contenido de agua: 195 Ltrs/m^3.
- Agregado grueso TMN 1" – (HUSO 57).
- Agregado fino: De acuerdo ASTM C33.
- Aditivo retardante: Tipo D - Plastiment 90 PE (0.5 % con respecto al peso del cemento).
- Aditivo reductor de agua de alto rango: Tipo F – Sikament TM 100. Lo necesario para producir un asentamiento de 8". (Por lo general, 0.5% con respecto al peso del cemento).

Métodos para Optimizar la Dosificación de Agregados

En la actualidad, los concretos que se producen contienen un volumen de agregado superior al 70%. Por un lado, el agregado representa un ingrediente económico dentro del concreto, además contribuye a reducir la contracción del concreto y, en consecuencia, su potencial de fisuración (Ley y Cook, 2014). Sin embargo, diseñar un concreto con gran volumen de agregado presenta cierta complejidad que se debe a las variables propias del agregado como la gradación, el volumen, la forma y la textura del agregado, estas variables afectan directamente sobre la trabajabilidad, el contenido de pasta y las propiedades mecánicas del concreto (Ley y Cook, 2014). En nuestro caso es importante reducir la contracción del concreto por lo que se debe optimizar la combinación de agregados sin afectar la trabajabilidad de la mezcla.

El ACI Committee 302 (2015) recomienda los siguientes métodos de dosificación basado en el cumplimiento de una granulometría combinada para el diseño de concreto.

a) Porcentaje del agregado combinado retenido en cada tamiz

b) Coarseness Factor chart

c) 0.45 power chart

Adicional a estos métodos propuestos, existe un método de optimización de agregados relativamente nuevo desarrollado en base a las investigaciones de Tyler Ley y Daniel Cook (Ley et al., 2012; Cook et al., 2013; Ley y Cook, 2014; Cook, 2015) donde recomiendan límites de porcentaje de agregados retenidos en cada tamaño de tamiz, el método se llama el gráfico de la tarántula. Esta combinación de agregados permite producir un concreto con una trabajabilidad adecuada para pisos de concreto con un menor contenido de pasta. Este método será utilizado para la investigación.

Gráfico de la Tarántula

Es un gráfico mejorado del porcentaje de agregados combinado retenido en cada uno de los tamices en base a la comparación de la trabajabilidad y la gradación combinada de mezclas de concreto

(Ley et al., 2012; Cook et al., 2013; Cook, 2015). Se elaboró con la intención de reducir el contenido de pasta, pero manteniendo los requisitos de trabajabilidad de mezclas de concreto en pavimentos con encofrados deslizantes (Ley et al. 2012; Cook et al., 2013) y en concreto fluido (Cook, 2015). En base al impacto de la gradación combinada en la trabajabilidad se establecieron límites superiores e inferiores que forman la silueta de una tarántula. En la Figura 31, se muestra el grafico de la tarántula para aplicaciones de concreto fluido.

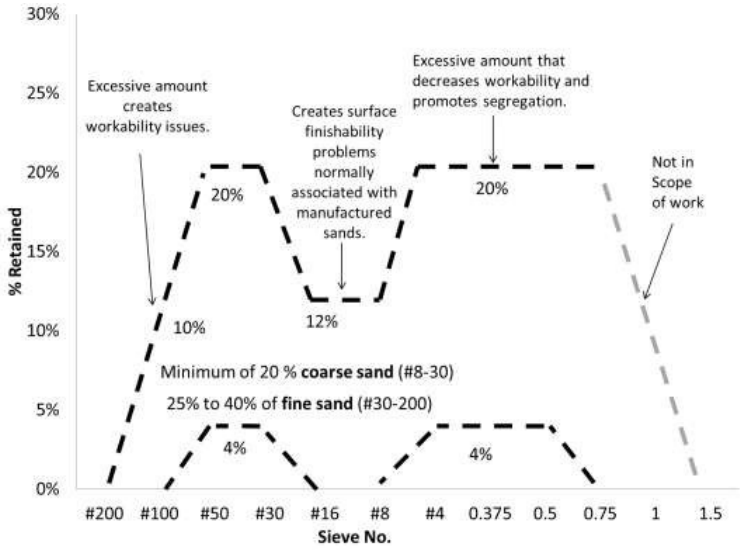


Figura 31. *Gráfico de la tarántula para aplicaciones de concreto fluido*

Nota: El gráfico representa límites recomendados de material retenido de agregados combinados para producir un concreto fluido con una trabajabilidad adecuada. Tomado de "*Aggregate proportioning for slip formed pavements and flowable concrete"*(p.239), Cook, 2015..

Optimización de agregados para concreto bombeable

Cook et al. (2015) realizaron un estudio para evaluar la influencia de la gradación del agregado en la bombeabilidad del concreto, su objetivo era investigar los límites del grafico de la tarántula desarrollados para concreto fluido utilizando una bomba de concreto.

En los resultados indicaron que los límites del grafico de la tarántula permite tener un buen desempeño del bombeo, pero se recomida un contenido de arena fina retenido entre las malla N°30 y

N°200 entre el 24% al 40%, sin embargo, independientemente del tipo de arena se obtuvo un buen desempeño con un contenido de arena fina retenido entre las malla N°30 y N°200 entre el 32% al 40%

Por otra parte, el ACI Committee 304 (2017) también propone límites de granulometría combinada, sin embargo, hace énfasis al igual que el estudio realizado por Cook et al. (2015) en que la propiedad del agregado fino juega un papel importante en la bombeabilidad del concreto, sobre todo en los agregados que pasan las mallas N° 50 y N°100, recomendando que al menos del 15 al 30 % deben pasar la malla N°50 y del 5 al 10% deben pasar la malla N° 100.

Procedimiento de mezcla

Para el proceso de mezcla del concretose siguieron las recomendaciones de la norma ASTM C192 (2019) donde se siguió el siguiente orden de mezclado:

- Se añadió el agregado grueso a la mezcladora con una parte del agua.
- Luego, se añadió el agregado fino y el SCRA como se muestra en la Figura 32.

Figura 32. *Adición de los agregados y SCRA a la mezcla de concreto*

- Inmediatamente, se mezcló ½ min hasta que se combine el aditivo en polvo con los agregados
- Luego, se añadió el cemento y agua en la mezcladora

- Se realizó el mezclado durante 3 min, y en el proceso se añadió el aditivo retardante de fragua Plastiment 90 PE y luego el aditivo reductor de agua Sikament TM100.
- Luego, se dejó reposar la mezcla por 3 min y finalmente se mezcló por 2 min.

4.5.2.7. Trabajabilidad del concreto

La trabajabilidad del concreto se evaluó de acuerdo a los indicadores propuestos por Cook (2015) para la aplicación de concreto fluido donde se proponen ciertos rangos para calificar la trabajabilidad de una mezcla de concreto usada en pisos. Los indicadores considerados para calcular la trabajabilidad de una mezcla de concreto son Asentamiento, Inspección visual, Reología del concreto (Reómetro ICAR) y la Terminabilidad (Remove Hole and Remove Texture). La Figura 33, muestra las pruebas realizadas para determinar la trabajabilidad del concreto en LEM SIKA Perú.

Figura 33. *Pruebas realizadas para determinar la trabajabilidad del concreto*

Nota. Ensayos realizados en LEM SIKA Perú

Para calificar la trabajabilidad de la mezcla en aplicaciones de concreto fluido, Cook (2015) propone extraer un promedio de los indicadores propuestos en la Figura 34.

Workability Performance Scale for Each Test	Slump Test (in)	Visual Observation	ICAR Rheometer			Float Test (passes)	
			Static Yield Stress (Pa)	Dynamic Yield Stress (Pa)	Plastic Viscosity (Pa/sec)	Remove Hole	Remove Texture
Excellent (1)	8 to 6	A	<1000	<250	<10	1 to 2	1 to 2
Good (2)	6 to 4	B	1000-1500	250-500	10 to 15	3 to 4	3 to 4
Moderate (3)	4 to 2	C	1500-2000	500-1000	15 to 20	5 to 6	5 to 6
Poor (4)	2 to 0	D	>2000	>1000	>25	7 to 8	7 to 8
Unusable (5)	0	F	Too stiff	Too Stiff	Too Stiff	+9	+9

Figura 34. *Sistemas de calificación del rendimiento de la trabajabilidad*

Nota. Tomado de "Aggregate Proportioning for Slip Formed Pavements and Flowable" (p.142), por Daniel Cook, 2015, *Oklahoma State University.*

Una vez que se obtiene la calificación del 1 al 5 para cada indicador de la trabajabilidad, se obtiene un promedio de los valores obtenidos para luego obtener un valor en la escala de trabajabilidad de acuerdo a la Figura 35.

Escala de trabajabilidad	
0-1	excelente
1-2	buena
2-3	moderada
3-4	deficiente
4-5	inutilizable

Figura 35. *Escala de rangos para calificar la trabajabilidad de una mezcla*

Nota. Adaptado de "Aggregate Proportioning for Slip Formed Pavements and Flowable", por Daniel Cook, 2015, *Oklahoma State University.*

Por otra parte, el parámetro asentamiento se midió en todas las mezclas de acuerdo a la norma ASTM C143 (2019). La calificación de la observación visual se realizó de acuerdo a las propiedades de

rigidez, fluidez, terminabilidad, riqueza y cohesión en una escala de A a F, luego se saca una calificación promedio de la mezcla. La reología se mide en el reómetro ICAR, los parámetros de Static Yield Stress, Dynamic Yield Stress y Plastic Viscosity son proporcionados en minutos por el equipo. Por otro lado, para cuantificar el Remove Hole se requiere saber con cuántas pasadas del Bult float se pueden recubrir 3 huecos de 1” de diámetro en la superficie del molde y para el Remove Texture se requiere determinar con cuantas pasadas del Bult float se puede lograr una superficie completamente terminada.

4.5.2.8. Tiempo de fraguado del concreto

El tiempo de fragua del concreto se determinó en función a la norma ASTM C403 (2016)**.** Para el ensayo se tamizo la mezcla de concreto por la malla N° 4. Posteriormente se realizaron lecturas en el penetrómetro con agujas estandarizadas de diferentes diámetros y se realizó una curva de resistencia a la penetración en función del tiempo transcurrido. La lectura se realizó hasta que al menos una de las lecturas de resistencia a la penetración sea superior a 4000 psi. El tiempo de fraguado inicial y final se calculó como aquel tiempo en que la resistencia a la penetración es igual a 500 psi y 4000 psi, respectivamente. La Figura 36, muestra la medición del tiempo de fragua de acuerdo a la norma ASTM C403.

Figura 36. *Medición del tiempo de fragua según la norma ASTM C403*

Nota. Ensayos realizados en LEM SIKA Perú

4.5.2.9. Cambio de longitud en el concreto

El cambio de longitud del concreto se determina de acuerdo a la norma ASTM C157 (2017). El cambio de longitud mide la expansión y contracción que experimenta el concreto. En esta investigación se determinó según la norma ASTM C157 modificada para mezclas de concreto con potencial expansivo donde la medición inicial del cambio de longitud del concreto se realiza después de la fragua final a diferencia del estándar que se mide a las 24 horas después del contacto agua cemento (Khajehdehi y Darwin,2018; Euclid chemical, 2012). Este procedimiento se utilizó porque el SCRA presenta un efecto dual para tratar el problema de la contracción, por un lado, expande el concreto y al mismo tiempo reduce la contracción, entonces es importante capturar ambos cambios de longitud.

Para la medición del cambio de longitud del concreto en cada mezcla se realizaron 3 especímenes de concreto de 0.1 x 0.1 x 0.285 m (4 x 4 x 11.25 in) con pernos estandarizados de acuerdo a la norma ASTM C490 (2017) como se presenta en la Figura 37.

Figura 37. *Moldes ASTM C490 con pernos estandarizados*

La medición inicial del cambio de longitud se realizó a las 14 horas del contacto agua cemento, después de la fragua final y cuando los pernos colocados en el espécimen habían logrado la suficiente adherencia. El periodo de curado de los especímenes fue de 14 días, diferente al estándar para representar mejor las condiciones de campo y observar la expansión gradual del oxido de magnesio. La

contracción se midio durante un periodo de 91 días de secado con la intención de observar diferencias para diferentes dosis de SCRA y estimar con mayor seguridad la contracción última del concreto.

Según la norma ASTM C157 (2017) el cambio de longitud se calcula de acuerdo a (2)

$$\Delta L_x = \frac{CRD - initial\ CRD}{G}\ x\ 100 \tag{2}$$

Donde:

$\Delta L_x =$ Cambio de longitud de la muestra a cualquier edad.

CRD= Diferencia entre la lectura del comparador de la muestra y la barra de referencia.

G= La longitud del calibre (10 pulgadas).

Sin embargo, un método más conservador de medición se realiza cuando la medida inicial se considera al terminar el periodo de curado del concreto. Por lo general, este tiempo de medición se correlaciona con el ensayo ASTM C1581**,** el cual permite estimar la tendencia a la fisuración del concreto. Sin embargo, en esta investigación fue necesaria utilizarla para poder estimar la contracción última del concreto.

En total se realizaron 36 especímenes de concreto como se presenta en la Tabla *2*. Asimismo, se instaló una cámara de secado con una temperatura de 23±2°C y una humedad relativa de 50 ± 4%.

Tabla 2

Cantidad de especímenes para ensayo de cambio de longitud del concreto

tipo de cemento	A/C	% SCRA	N° de especímenes
Cemento tipo I	0.6	0%	9
	0.6	2%	3
	0.6	4.50%	3
	0.6	7%	3
Cemento tipo HS	0.6	0%	9
	0.6	2%	3
	0.6	4.50%	3
	0.6	7%	3

Para la medición de las muestras se utilizó un comparador de longitud como se muestra en la Figura 38.

Figura 38. *Medición del cambio de longitud según la norma ASTM C157*

4.5.2.10. Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión del concreto se realizó según la norma ASTM C39 (2020). El muestreo y curado de las probetas se realizó según lo especificado por la norma ASTM C31 (2019). La Figura 39, presenta la rotura de probetas de acuerdo a norma ASTM C39 realizados en LEM Sika Perú en una máquina de compresión automática de la marca CONTROLS.

Figura 39. *Rotura de probeta en LEM SIKA según la norma ASTM C39*

Para el concreto, se ensayaron los especímenes a 7 días, 14 días, 28 días y 91 días. La cantidad de probetas a ensayar por edad fueron tres en base a la sugerencia del ACI Committee 318 (2019), la cual indica que la resistencia a la compresión del concreto se puede calcular mediante el promedio de 2 o más especímenes de concreto de la misma edad realizados a partir de la misma mezcla. La Tabla *3*, muestra la cantidad de especímenes ensayados de acuerdo a la norma ASTM C39 en función al tipo de cemento y dosis SCRA. En total se evaluaron 96 probetas de 10 x 20 cm.

Tabla 3

Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la compresión

tipo de cemento	A/C	% SCRA	N° de especímenes
Cemento tipo I	0.6	0%	12
	0.6	2%	12
	0.6	4.50%	12
	0.6	7%	12
Cemento tipo HS	0.6	0%	12
	0.6	2%	12
	0.6	4.50%	12
	0.6	7%	12

4.5.2.11. Resistencia a la flexión

El ensayo de resistencia a la flexión se realizó de acuerdo a la norma ASTM C78 (2018), para la investigación se ensayaron las muestras a 7 y 28 días. Por edad se ensayaron dos especímenes de concreto con dimensiones de 0.65x0.65x0.15m. Las mezclas de concreto para rellenar las 4 vigas fueron de 75 litros.

El muestreo y curado de las vigas se realizó de acuerdo a la norma ASTM C31 (2019). La Tabla *4*, muestra la cantidad de especímenes para el ensayo de resistencia a la flexión en función al tipo de cemento y dosis de SCRA. En total se ensayaron de 32 vigas.

Tabla 4

Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la flexión del concreto

tipo de cemento	%SCRA	a/c	N° de Especímenes
Cemento Nacional Tipo I	0%	0.60	4
	2%	0.60	4
	4.50%	0.60	4
	7%	0.60	4
Cemento Nacional Tipo HS	0%	0.60	4
	2%	0.60	4
	4.50%	0.60	4
	7%	0.60	4

La Figura 40, muestra los ensayos de vigas según la norma ASTM C78 en el equipo automático control en LEM SIKA Perú.

Figura 40. *Ensayo de vigas de acuerdo a la norma ASTM C78*

4.5.2.12. Estimación de la contracción última

Para estimar la contracción última del concreto se siguieron las recomendaciones proporcionadas por Fu et al. (2012) donde indica que la ecuación (3) proveniente del modelo ACI 209 tiene el potencial de

capturar cualquier curva de contracción por secado del tipo hiperbólico, independientemente de las propiedades de los materiales y las mezclas realizadas.

$$\varepsilon_{sh}(t, t_c) = \frac{(t - t_c)^{\alpha}}{f + (t - t_c)^{\alpha}} \cdot \varepsilon_{shu} \quad (3)$$

Donde:

$\varepsilon_{sh}(t, t_c)$: Es la deformación por contracción a la edad del concreto t (días), medida desde el fin del curado en t_c (días).

f y α: Se consideran constantes para la forma y el tamaño de un elemento dado que definen la parte de la relación de tiempo.

ε_{shu}: Es la deformación por contracción ultima.

Según Fu et al. (2012) la forma matemática específica de la ecuación mencionada en (3) es capaz de captar la característica dependiente del tiempo de una curva de contracción por secado, que comienza desde el origen y converge en una asíntota. El procedimiento consiste en manipular los tres parámetros (εshu, α y f) para que la ecuación pueda describir una curva hiperbólica "similar a la contracción por secado" con alta precisión (R^2 > 0.99).

4.5.2.12.1. Tiempo de medición para estimar la contracción última

El cálculo realizado para estimar la contracción última del concreto en base al ajuste no lineal de los valores de contracción medidos en el ensayo ASTM C157 se utilizó para determinar un tiempo de medición prudente para estimar la contracción última del concreto con SCRA. Para ello, los valores de contracción última del concreto obtenidos a partir del ajuste no lineal realizado cada semana a partir de los 28 días de secado fue comparado con el valor de contracción ultima estimado a partir de 91 días de secado, la fecha con menor variación es la indicada para estimar la contracción mediante este procedimiento.

4.5.2.13. Cálculo de la distancia entre juntas

La ecuación propuesta por Miltenberger y Attiotbe (2002) que se utilizó para el cálculo de la distancia entre juntas se describe en (4).

$$L = \frac{w_{cr}}{\left[(1-\alpha_{sr})\varepsilon_{ft} + \alpha_{sr}\varepsilon_{fb}\right]\left[1-\alpha_{rr}\left(\frac{\rho n}{\rho n+1}\right)\right]} \tag{4}$$

Donde:

L: Distancia entre juntas

w_{cr}: Ancho de fisuración esperado

ε_{ft}: Contracción por secado libre en la superficie de la losa

ε_{fb}: Contracción por secado libre en la base de la losa

α_{sr}: Grado de restricción dado por la humedad

α_{rr}: Grado de restricción dado por el refuerzo

ρ: Cuantía del acero de refuerzo

n: Relación entre módulo de elasticidad del acero y el concreto

La ecuación (4) permite realizar el cálculo de la distancia entre juntas en función a los valores de contracción última del concreto. Miltenberger y Attiogbe (2002) utilizaron el modelo de predicción ACI 209 para calcular la contracción última del concreto, sin embargo, este modelo presenta baja precisión cuando no se utilizan ensayos experimentales y, en especial, en los concretos con materiales que modifican la contracción. En esta investigación, al trabajar con mezclas de concreto con variados tipos de cemento y aditivos que modifican la contracción, la contracción última del concreto se obtuvo de acuerdo al procedimiento descrito en 4.5.2.12 para poder captar con mayor “exactitud” la contracción última del concreto, ya que cada concreto presentara independientemente de los materiales que tenga una curva de contracción con distintos parámetros para el ajuste no lineal, por ende, una contracción ultima distinta.

Por otro lado, el cálculo de la contracción libre en la superficie (ε_{ft}) y base de la losa (ε_{fb}) se realizó de acuerdo las ecuaciones descritas en (5) y (6).

$$\varepsilon_{ft} = \gamma_c(\gamma_t\gamma_{RH})_{top}\varepsilon_{shu} \tag{5}$$

$$\varepsilon_{fb} = \gamma_c(\gamma_{vs}\gamma_t\gamma_{RH})_{bot}\varepsilon_{shu} \tag{6}$$

Donde:

γ_t: Factor de periodo de secado (Se calcula con los parámetros del ajuste no lineal).

γ_c: Factor de periodo de curado (ACI 209.2R-08).

γ_{vs}: Factor de área de volumen a superficie (v/s) o tamaño del espécimen (ACI 209.2R-08).

γ_{HR}: Factor de humedad relativa (ACI 209.2R-08).

ε_{shu}: Deformación última por contracción por secado libre de una muestra de 6 pulgadas de espesor (150 mm) curada en húmedo durante 7 días, luego almacenada en un ambiente de humedad relativa del 40 % a 70 °F.

Se debe tener presente que las condiciones de humedad relativa en la superficie y en la base de la losa varían, por lo que los valores de correcciones varían para la superficie y la base de la losa. En cuanto al periodo de secado en la parte superior de la losa se considera como el periodo de humedad relativa más baja, normalmente medio año que es el periodo de calentamiento anual (verano y primavera). Por otro lado, el factor de volumen no se incluye en la contracción por secado libre de la parte superior porque la perdida de humedad depende de la humedad relativa.

Con respecto al factor del periodo de secado, en todas las mezclas independientemente de los componentes que tenga, se calculó mediante la ecuación descrita en (3) obtenida mediante el ajuste no lineal a datos obtenidos en el ensayo ASTM C157, ya que describe el comportamiento de contracción del concreto para la mezcla en específico a lo largo del tiempo.

Para el cálculo del ε_{shu} se debe aplicar los factores de corrección (ACI 209) de humedad, espesor del espécimen y tiempo de curado a la contracción final estimada mediante el ajuste no lineal.

4.6. Análisis estadístico

En esta investigación, para el análisis estadístico se utilizó la estadística descriptiva e inferencial. Para el análisis estadístico de la contracción del concreto se utilizó como referencia el estudio realizado por West et al. (2010) donde utiliza la prueba t de student para determinar si las diferencias observadas en la contracción del concreto son estadísticamente significativas, ya que esta prueba se suele utilizar para probar hipótesis cuando hay pequeños tamaños de muestras. La prueba determina si la diferencia en las medias de las muestras (X1 y X2) representa la diferencia en las medias de la población (μ1 y μ2) en cierto nivel de significancia (α). La prueba t de student puede ser unilateral o bilateral, para nuestro caso se utilizó una prueba del tipo bilateral lo que indica que existe una probabilidad α/2 de que μ1> μ2 y de α/2 de que μ2> μ1, cuando μ1 y μ2 son iguales. Según West et al. (2010) en las tablas que describen la prueba t de student, las diferencias entre muestras que son estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 98% (α=0.02) se identifican como "Y". Por otra parte, los niveles de confianza al 80 por ciento (α=0.2), 90 por ciento (α=0.1) y 95 por ciento (α=0.05) se identifican como "80", "90" y "95", y si las diferencias entre muestras que no son estadísticamente significativas a un nivel de confianza más bajo de 80 por ciento (α=0.2) se identifican con "N". Los resultados del análisis estadístico se presentan en tablas en la parte de anexos.

5. RESULTADOS

5.1. Diseño de mezcla del concreto

Las proporciones del concreto para un piso clase 6 con una resistencia de f'c=245 kg/cm^2 (24 MPa) con relación A/C=0.65 que tradicionalmente se usan en las empresas de concreto premezclado son:

- Contenido de cemento: 300 kg/m^3 (Cemento Nacional tipo I, Cemento Nacional tipo HS).
- Contenido de agua: 195 Ltrs/m^3.
- Agregado grueso TMN 1" – (HUSO 57).
- Agregado fino: De acuerdo ASTM C33.

- Aditivo retardante: Tipo D - Plastiment 90 PE (0.5 % con respecto al peso del cemento).
- Aditivo reductor de agua de alto rango: Tipo F – Sikament TM 100 (0.5% con respecto al peso del cemento). Lo necesario para producir un slump de 8”.

Optimización de agregados para pisos de concreto

La Figura 41, muestra las curvas granulometricas de los agregados utilizados en la investigación.

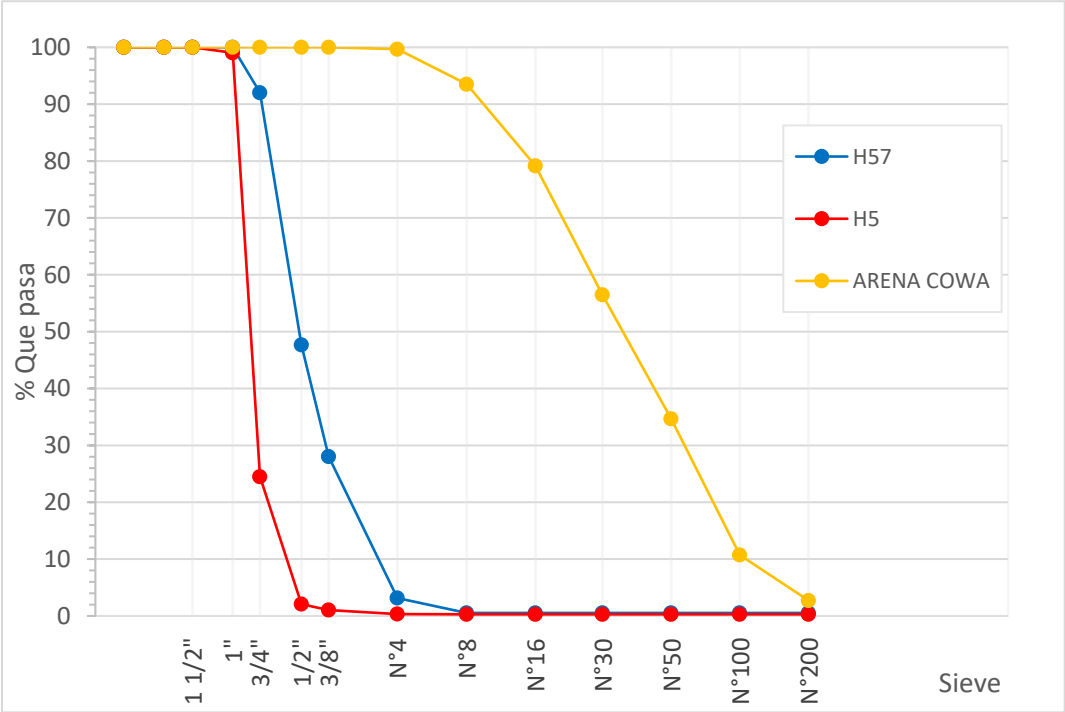


Figura 41. *Curvas granulométricas de los agregados utilizados en la investigación*

La Figura *42*, muestra la optimización de agregados en el gráfico de la tarántula. Se eligió la relación Agregado grueso/Agregado fino de 0.55/0.45 esto con la finalidad de maximizar el contenido de agregado grueso, pero sin perjudicar la bombeabilidad del concreto.

La relación AG/AF concuerda con las recomendaciones dadas por el Cook et al. (2015) para concreto bombeable donde la suma de agregados retenidos entre la malla N°30 y N°200 debe estar en un rango de 24% a 40%. Sin embargo, en la misma investigación se demostró que una suma entre el 32% y el 40% mostro un mejor desempeño para diferentes tipos de agregados, presentando un mayor tiempo

de bombeo. En este caso, con la combinación de agregados se obtuvo una suma de material retenido entre la malla N°30 y N° 200 de 34.4%.

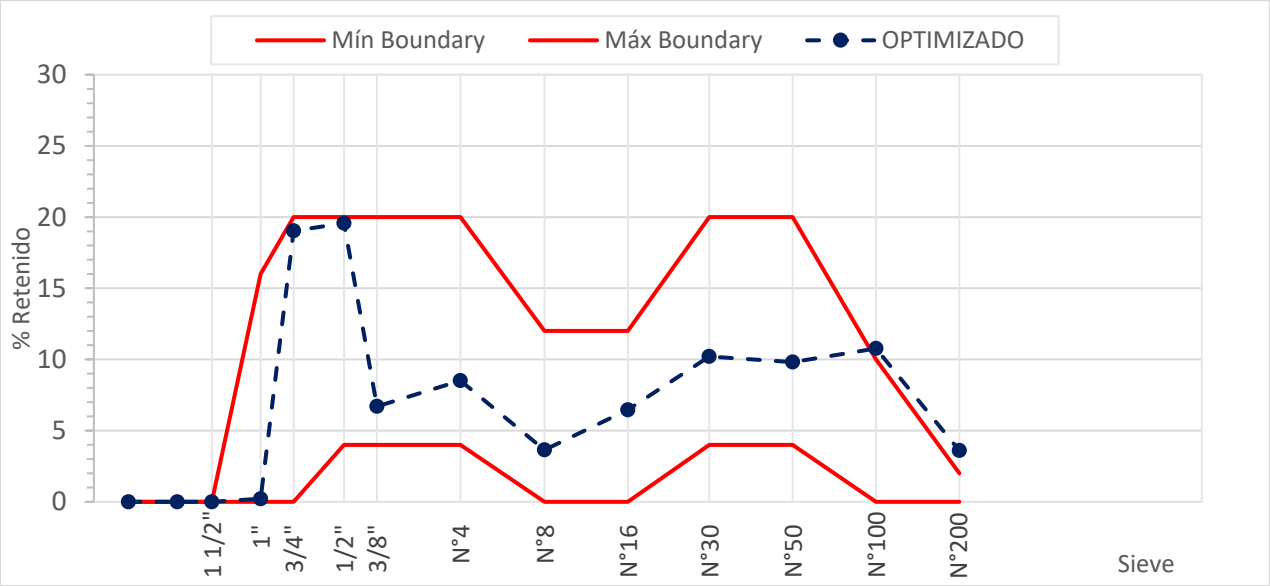


Figura 42. *Optimización de agregados en el gráfico de la tarántula*

Por otra parte, la optimización de agregados mediante la adición del agregado H5 se realizó considerando una relación de agregado H5 – H57 del 40% y 60% respectivamente. Básicamente, la intención era maximizar el contenido de agregado grueso sin exceder los límites establecido por el gráfico de la tarántula.

<u>Concreto control</u>

Este concreto se logró mediante la optimización de agregados, ya que permitió reducir el agua de la mezcla de concreto proporcionada por Mixercon de 195 L/m^3 a 180 L/m^3 para generar un asentamiento de 8” en el concreto tipo I y en el concreto tipo HS. En ambos casos se mantuvo constante el contenido de aditivo reductor de agua (Sikament TM 100) al 0.5% y el aditivo retardante de fragua (Plastiment 90 PE) al 0.5% para que no afecte el comparativo.

Mezclas del concreto con aditivo compensador y reductor de la contracción

Una vez obtenido el concreto control, se realizaron las pruebas con el aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA), Sika Control NS. La Tabla 5 y la Tabla 6 muestra la dosificación y las características de las mezclas de concreto tipo I, tipo HS con SCRA en dosis del 2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento.

Tabla 5

Dosificación de la mezcla de concreto tipo I con SCRA

Materiales	P. ESP (kg/m^3)	cemento tipo I			
		Control - I	SCRA 2% - I	SCRA 4.5% - I	SCRA 7% - I
		Masa	Masa	Masa	Masa
Cemento I	3100	300	300	300	300
Agua	1000	180	180	180	180
Arena Cowa	2671	868	865	862	858
Piedra H57	2660	633	631	629	626
Piedra H5	2690	427	425	424	422
Sikament TM - 100	1210	1.5	1.5	1.5	1.5
Plastiment 90 - PE	1220	1.5	1.5	1.5	1.5
Sika Control NS	2710	-	6	13.5	21
total	-	2411	2411	2411	2411
módulo de fineza combinado	-	4.94	4.94	4.94	4.94
% pasta	-	28.9	28.9	28.9	28.9
% fracción de mortero	-	60.6	60.8	60.9	61.1

Tabla 6

Dosificación de la mezcla de concreto tipo HS con SCRA

Materiales	P. ESP (kg/m^3)	cemento tipo HS			
		Control - HS	SCRA 2% - HS	SCRA 4.5% - HS	SCRA 7% - HS
		Masa	Masa	Masa	Masa
Cemento HS	2950	300	300	300	300
Agua	1000	180	180	180	180
Arena Cowa	2671	862	859	856	852
Piedra H57	2660	629	627	625	622

Piedra H5	2690	424	423	421	419
Sikament TM - 100	1210	1.5	1.5	1.5	1.5
Plastiment 90 - PE	1220	1.5	1.5	1.5	1.5
Sika Control NS	2710	-	6	13.5	21
total	-	2398	2398	2398	2398
módulo de fineza combinado	-	4.94	4.94	4.94	4.94
% pasta	-	29.4	29.4	29.4	29.4
% fracción de mortero	-	60.9	61	61.2	61.3

5.2. Propiedades del concreto para pisos

5.2.1. Trabajabilidad del concreto

El parámetro asentamiento se midió para todas las mezclas, obteniéndose un asentamiento de 8 pulgadas para las mezclas de concreto control tipo I y tipo HS. En ambos casos, la adición del SCRA, Sika Control NS, no influyo en la medida del asentamiento, sin embargo, la caída del concreto era de diferente forma. La Figura 43, muestra el asentamiento de las mezclas de concreto con y sin SCRA. Se observa una mayor cohesión en el concreto con SCRA.

Figura 43. *Asentamiento de las mezclas de concreto con SCRA y sin SCRA*

*Nota.(*A) Mezcla de concreto tipo I y SCRA al 4.5% (B) Mezcla de concreto tipo I.

Por otro lado, se realizó un comparativo de la trabajabilidad del concreto control tipo I con el concreto con SCRA al 4.5%. En este comparativo se tuvieron en cuenta los parámetros de asentamiento, observación visual, Reología del concreto y la terminabilidad.

La Figura 44 muestra las mezclas de concreto con SCRA y sin SCRA utilizadas para calificar la observación visual del concreto.

Figura 44. *Mezclas de concreto con SCRA y sin SCRA para la observación visual*

*Nota. (*A) Mezcla de concreto con cemento tipo I (B) Mezcla de concreto con cemento tipo I y SCRA al 4.5%.

Los calificación de la observación visual de las mezclas de concreto tipo I y del concreto con SCRA al 4.5%, teniendo en cuenta las caracteristica del comportamiento de la mezcla como cohesión, riqueza, terminabilidad, fluidez y rigidez se muestran en la Tabla *7*.

Tabla 7

Calificación de la observación visual de las mezclas de concreto con y sin SCRA

Mezcla	Criterios de inspección visual					promedio	Nivel
	cohesión	Riqueza	terminabilidad	fluidez	rigidez		
Control - I	B	B	A	A	A	1.4	B
SCRA 4.5% -I	A	A	A	A	B	1.2	B

La calificación de los indicadores de la trabajabilidad de acuerdo a lo propuesto por Cook (2015) como asentamiento, observación visual, reología y terminabilidad del concreto se muestran en la Tabla *8*.

Tabla 8

Escala de trabajabilidad para el concreto tipo I y SCRA al 4.5%

Mezcla	Medición de parámetros para estimar la trabajabilidad							Promedio
			ICAR Rheometer			Float test (Passes)		
	slump test (in)	visual Observations	Static Yield Stress (Pa)	Dynamic Yield Stress (Pa)	Plastic viscosity (Pa/sec)	Remove Hole	Remove Texture	
Control - I	1	2	1	1	3	1	3	1.71
SCRA 4.5% - I	1	2	1	1	3	1	1	1.43

En ambos concretos se obtuvo un promedio en el rango de 1-2 que se refiere a una trabajabilidad "buena" de acuerdo la escala propuesta por Cook (2015). Sin embargo, se obtuvo un valor más bajo en el promedio para el concreto con SCRA al 4.5%. Esto se debe básicamente al parámetro terminabilidad referido al Remove texture, ya que se necesitó un menor esfuerzo para generar el acabado esperado.

Adicionalmente, en la Figura 45, se presenta el acabado superficial de las mezclas de concreto en estado endurecido utilizadas para determinar la terminabilidad.

Figura 45. *Acabado superficial de las mezclas de concreto*

*Nota. (*A) Mezcla de concreto con cemento tipo I (B) Mezcla de concreto con cemento tipo I y SCRA al 4.5%.

Se puede observar un mejor acabado superficial del concreto con aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA), lo que confirma la diferencia obtenida en la Tabla *8*.

5.2.2. Resistencia a la compresión del concreto

La **Figura *46***, presenta los resultados de resistencia a la compresión del concreto con cemento tipo I y la adición del SCRA en dosis del 2%,4.5% y 7% con respecto al peso del cemento para las mezclas de concreto con relación a/c = 0.60.

Los valores promedio de resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14, 28 y 91 días se muestran en la Tabla *9*.

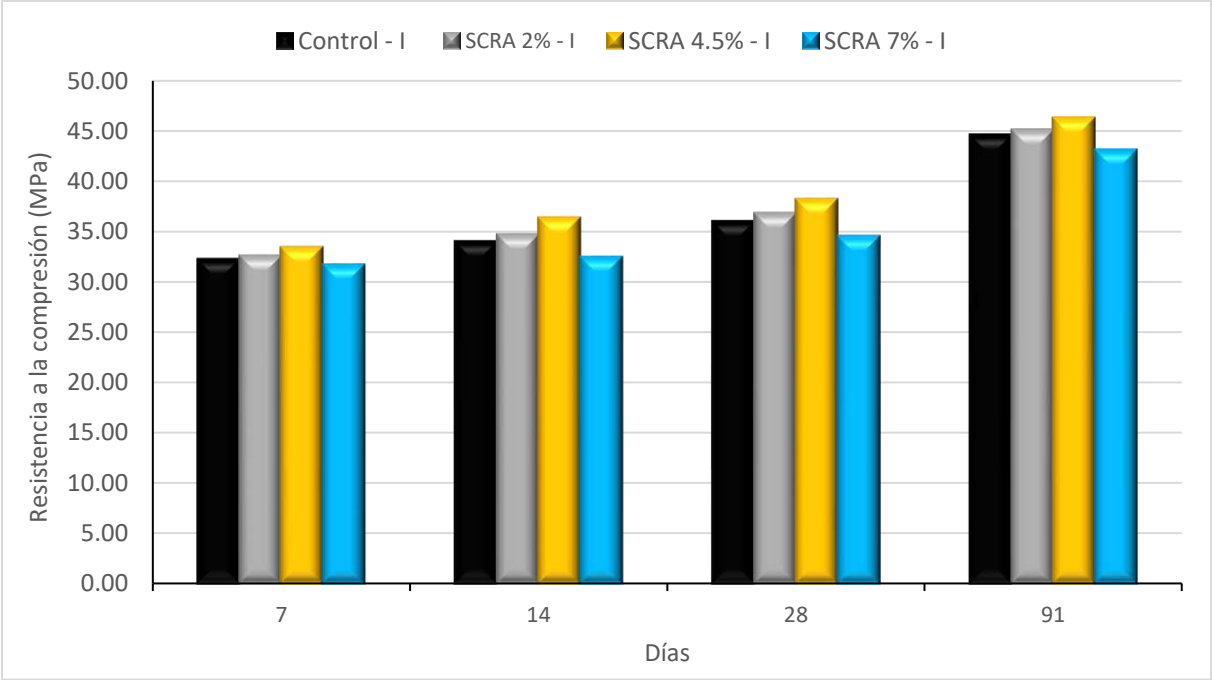


Figura 46. *Resistencia a la compresión del concreto tipo I con SCRA*

Tabla 9

Valores de resistencia a la compresión del concreto tipo I con SCRA

Mezcla	Resistencia a la compresión (MPa)			
	7 días	14 días	28 días	91 días
Control - I	32.24	34.01	36.01	44.61
SCRA 2% - I	32.58	34.69	36.81	45.10

SCRA 4.5% - I	33.42	36.36	38.23	46.30
SCRA 7% - I	31.67	32.43	34.50	43.07

La Figura 47, presenta los resultados de resistencia a la compresión del concreto tipo HS y la adición del SCRA, Sika Control NS, en dosis del 2%, 4.5% y 7% con respecto al peso del cemento para las mezclas con relación a/c = 0.60.

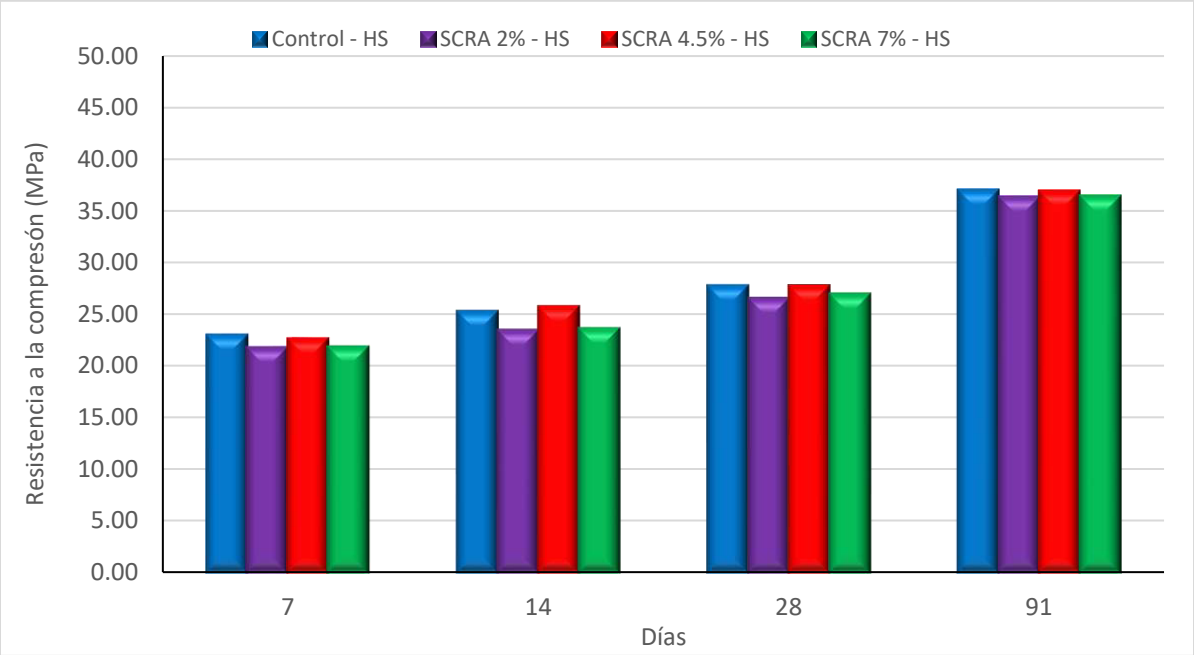


Figura 47. *Resistencia a la compresión del concreto tipo HS con SCRA*

Los valores promedio de resistencia a la compresión del concreto tipo HS con SCRA para las edades de 7, 14, 28 y 91 días se muestran en la Tabla *10*.

Tabla 10

Valores de resistencia a la compresión del concreto tipo HS con SCRA

Mezcla	Resistencia a la compresión (MPa)			
	7 días	14 días	28 días	91 días
Control - HS	23.00	25.30	27.77	37.04
SCRA 2% - HS	21.77	23.45	26.53	36.35
SCRA 4.5% - HS	22.62	25.72	27.74	36.90
SCRA 7% - HS	21.80	23.58	26.90	36.38

5.2.3. Resistencia a la flexión del concreto

La Figura *48*, muestra los resultados de resistencia a la flexión del concreto tipo I y la adición del SCRA, Sika Control NS, en dosis del 2, 4.5 y 7% con respecto al peso del cemento para las mezclas con relación a/c = 0.60.

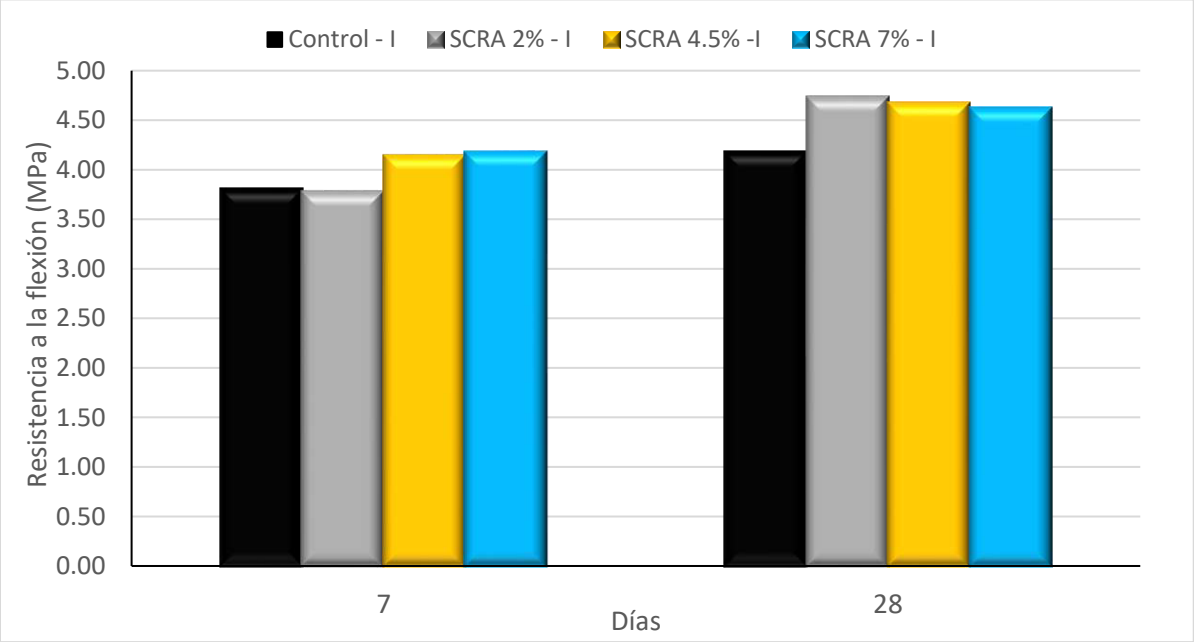


Figura 48. *Resistencia a la flexión del concreto tipo I con SCRA*

Los valores promedio de resistencia a la flexión del concreto tipo I y el SCRA para las edades de 7 y 28 días se muestran en la Tabla *11*.

Tabla 11

Valores de resistencia a la flexión del concreto tipo I con SCRA

Mezcla	Resistencia a la flexión (MPa)	
	7 días	28 días
Control - I	3.80	4.18
SCRA 2% - I	3.77	4.73
SCRA 4.5% - I	4.14	4.67
SCRA 7% - I	4.17	4.62

La Figura 49, muestra los resultados de resistencia a la flexión del concreto tipo HS y la adición del SCRA, Sika Control NS, en dosis del 2, 4.5 y 7% con respecto al peso del cemento para las mezclas con relación a/c = 0.60.

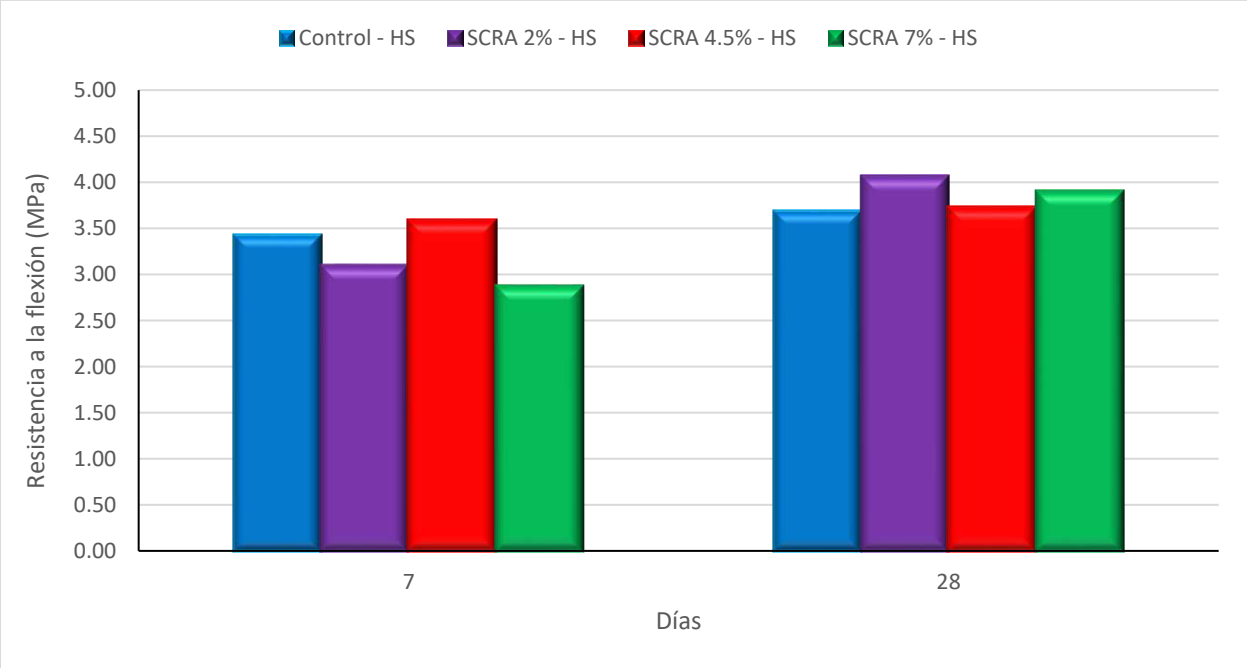


Figura 49. *Resistencia a la flexión del concreto tipo HS con SCRA*

Los valores promedio de resistencia a la flexión del concreto tipo HS con SCRA para las edades de 7 y 28 días se muestran en la Tabla *12*.

Tabla 12

Valores de resistencia a la flexión del concreto tipo HS con SCRA

Mezcla	Resistencia a la flexión (MPa)	
	7 días	28 días
Control - HS	3.43	3.68
SCRA 2% - HS	3.10	4.07
SCRA 4.5% - HS	3.59	3.73
SCRA 7% - HS	2.87	3.90

5.2.4. Contracción del concreto

En la Figura 50, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo ASTM C157 modificado para las mezclas de concreto tipo I con SCRA en dosis del 2, 4.5 y 7 %.

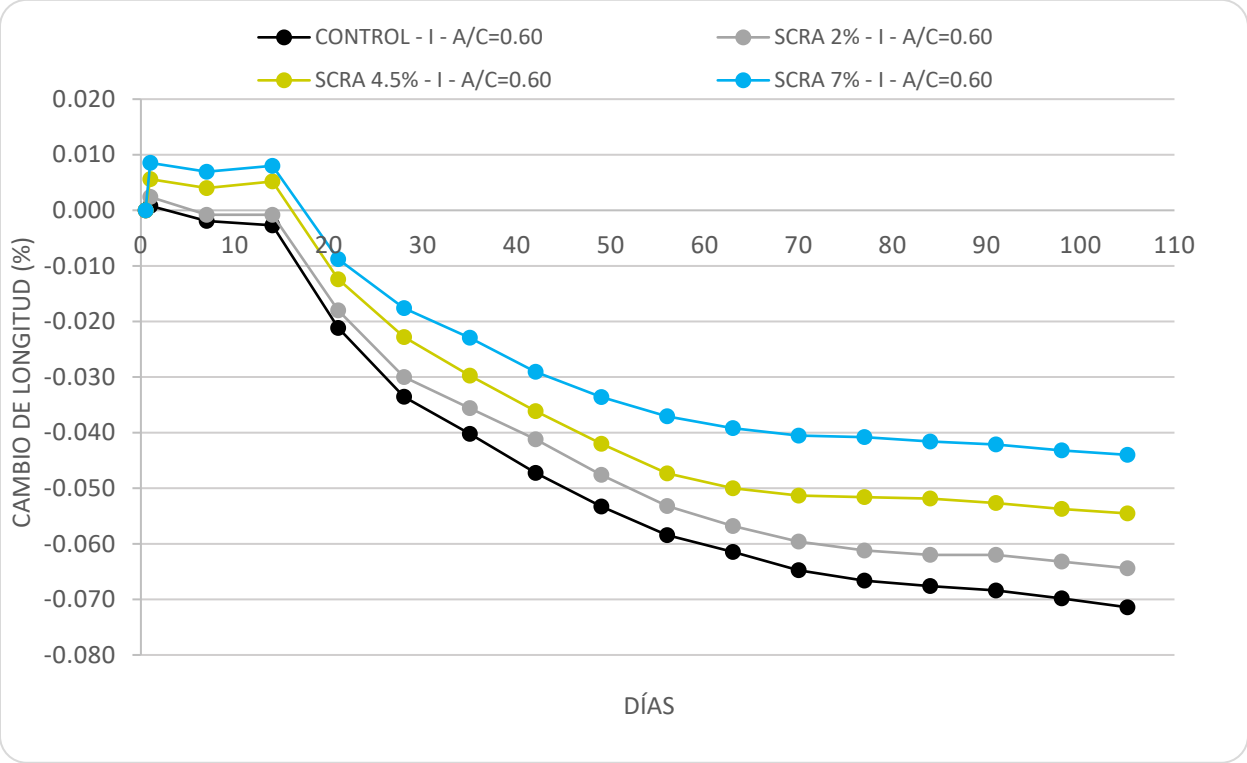


Figura 50. *Cambio de longitud del concreto tipo I con SCRA*

Los valores de contracción para diferentes edades de secado de los especímenes de concreto tipo I con SCRA al 2%, 4.5% y 7% se detallan en la Tabla *13*.

Tabla 13

Valores de contracción del concreto tipo I con SCRA

Mezcla	Contracción a diferentes edades de secado (%)		
	28 días	56 días	91 días
Control - I – A/C=0.6	-0.047	-0.065	-0.071
SCRA 2% - I – A/C=0.6	-0.041	-0.06	-0.064
SCRA 4.5% - I -0.6	-0.036	-0.051	-0.055
SCRA 7% - I -0.6	-0.029	-0.041	-0.044

En la Tabla *14***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan los porcentajes de la reducción de la contracción en el concreto tipo I al adicionar el SCRA al concreto de control A/C=0.60, donde se obtiene una reducción promedio de la contracción del 10%, 22% y 38% para dosis de 2, 4.5 y 7% de SCRA.

Tabla 14

% de reducción de la contracción del concreto tipo I con SCRA

Mezcla	% de reducción de la contracción		
	28 días	56 días	91 días
Control - I – A/C=0.6	0%	0%	0%
SCRA 2% - I – A/C=0.6	13%	8%	10%
SCRA 4.5% - I – A/C=0.6	23%	22%	23%
SCRA 7% - I – A/C= 0.6	38%	37%	38%

En la Figura 51, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo ASTM C157 modificado para las mezclas de concreto tipo HS con SCRA en dosis del 2, 4.5 y 7 %.

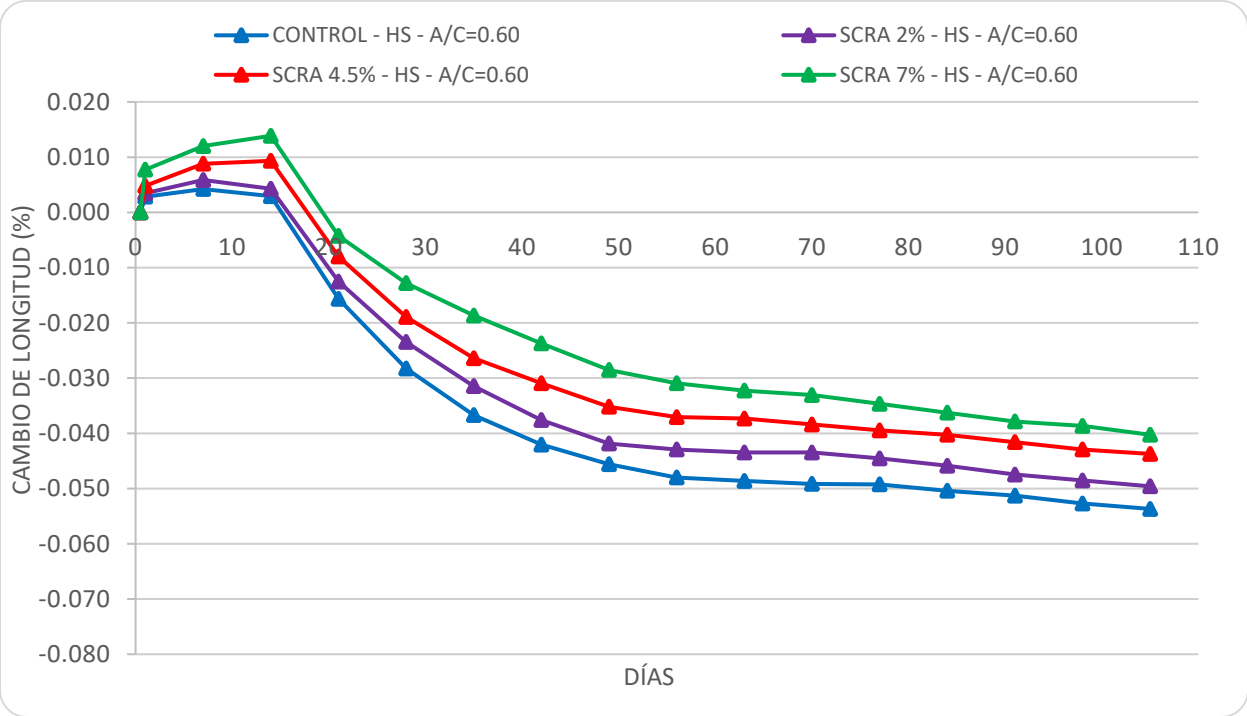


Figura 51. *Cambio de longitud del concreto tipo HS con SCRA*

Los valores de contracción para diferentes edades de secado de los especímenes de concreto tipo HS con SCRA al 2%, 4.5% y 7% se muestran en la Tabla *15*.

Tabla 15

Valores de contracción del concreto tipo HS con SCRA

Mezcla	Contracción a diferentes edades de secado (%)		
	28 días	56 días	91 días
CONTROL - HS – A/C=0.6	-0.042	-0.049	-0.054
SCRA 2% - HS – A/C=0.6	-0.038	-0.043	-0.050
SCRA 4.5% - HS – A/C=0.6	-0.031	-0.038	-0.044
SCRA 7% - HS – A/C= 0.6	-0.024	-0.033	-0.040

En la Tabla 16, se presentan los porcentajes de la reducción de la contracción en el concreto tipo HS al adicionar el SCRA en porcentajes del 2%,4.5% y 7% con respecto al concreto control. La reducción de contracción en promedio es del 10%, 22% y 34% para dosis del 2%,4.5% y 7 % de SCRA.

Tabla 16

% de reducción de la contracción del concreto tipo HS con SCRA

Identificación	% de reducción de la contracción		
	28 días	56 días	91 días
CONTROL TIPO HS - 0.6	0%	0%	0%
SCRA 2% - TIPO HS - 0.6	10%	12%	7%
SCRA 4.5% - TIPO HS- 0.6	26%	22%	19%
SCRA 7% - TIPO HS - 0.6	43%	33%	26%

La Figura 52, muestra el comparativo general de cambio de longitud de las mezclas de concreto tipo I, tipo HS con SCRA al 2, 4.5 y 7% con respecto al peso del cemento. Se observa que se puede reducir la contracción del concreto en 235 y 311 microstrain, respectivamente, al restar el valor más alto de contracción (Control - I - A/C=0.60) con el valor más bajo (SCRA 7% - HS – A/C=0.60) a 28 y 91 días de secado. Esto se logró seleccionando un tipo de cemento con menor contracción y utilizando el SCRA al 7%.

Los valores de cambio de longitud de las mezclas de concreto realizadas se presentan en la Tabla 17.

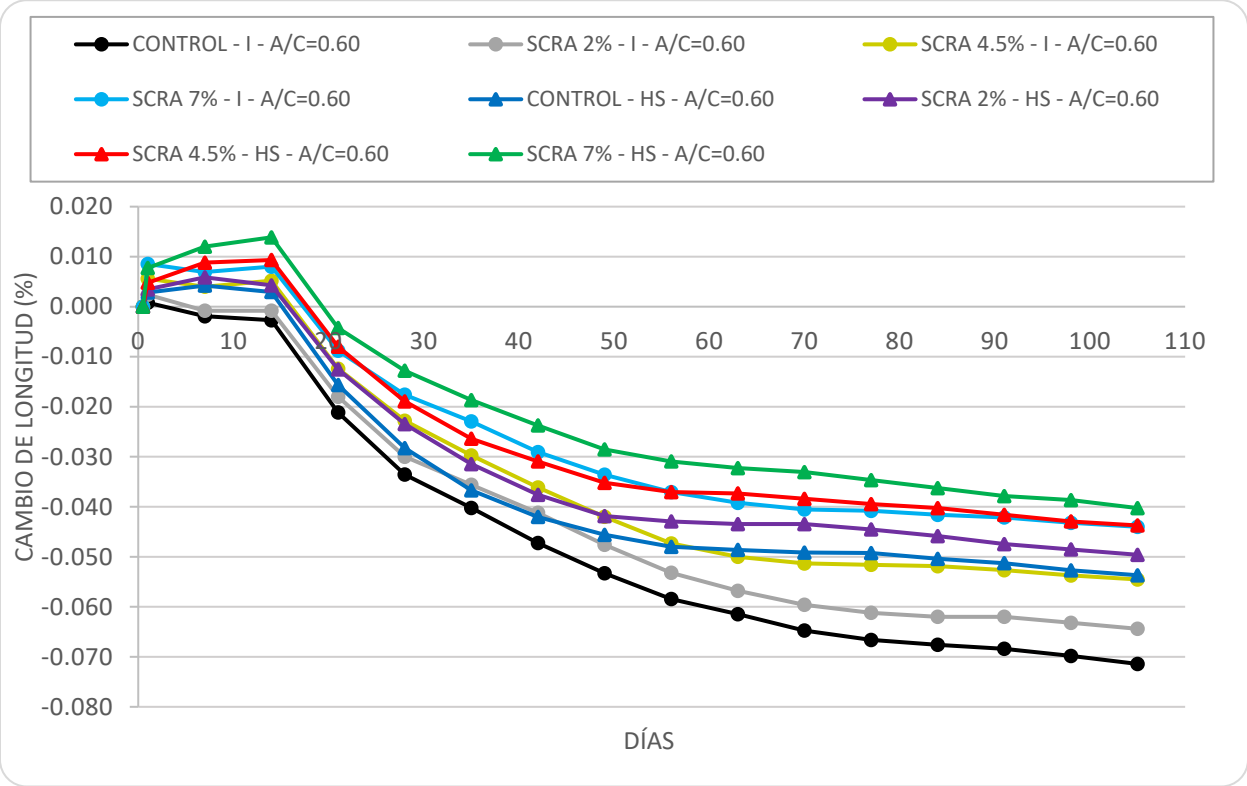


Figura 52. *Comparativo de cambio de longitud del concreto tipo I, tipo HS con SCRA*

5.3. Distancia entre juntas

Para el cálculo de la distancia entre juntas se utilizan los valores de contracción ultima.

<u>Estimación de la contracción última del concreto</u>

La estimación de la contracción última del concreto se realizó mediante el ajuste no lineal a los valores de contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157, manipulando los tres parámetros (ε_{shu}, α y f) mencionados en la ecuación (3). Para realizar el ajuste no lineal se utilizaron las medidas de contracción a partir del secado. Los valores de contracción se muestran en la Tabla 18. Los valores de contracción medidos y ajustados se encuentran en millonésimos.

Tabla 17

Valores de cambio de longitud de las mezclas de concreto

Mezcla	$mediciones\ de\ deformación\ por\ cambio\ de\ longitud$ (µm/m; 10^{-6} in/in)															
	Curado (días)			Secado (días)												
	1	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105
Control - I	8	-19	-27	-212	-336	-402	-472	-533	-584	-615	-648	-666	-676	-684	-698	-714
SCRA 2% - I	24	-8	-8	-180	-300	-356	-412	-476	-532	-568	-596	-612	-620	-620	-632	-644
SCRA 4.5% - I	56	40	52	-124	-228	-297	-361	-420	-473	-500	-513	-516	-519	-527	-537	-545
SCRA 7% - I	85	69	80	-88	-176	-229	-291	-336	-371	-392	-405	-408	-416	-421	-432	-440
Control - HS	28	42	29	-156	-283	-367	-420	-456	-480	-486	-492	-492	-504	-513	-527	-537
SCRA 2% - HS	35	59	43	-125	-235	-315	-376	-419	-429	-435	-435	-445	-459	-475	-485	-496
SCRA 4.5% - HS	48	88	93	-80	-189	-264	-309	-352	-371	-373	-384	-395	-403	-416	-429	-437
SCRA 7% - HS	77	120	139	-43	-128	-187	-237	-285	-309	-323	-331	-347	-363	-379	-387	-403

Tabla 18

Valores de contracción del concreto para el ajuste no lineal

Mezcla	$mediciones\ de\ deformación\ por\ contracción\ (\mu m/m; 10^{-6} in/in)$												
	Secado (días)												
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91
Control - I	-184	-308	-375	-445	-506	-557	-588	-620	-639	-649	-656	-671	-687
SCRA 2% - I	-172	-292	-348	-404	-468	-524	-560	-588	-604	-612	-612	-624	-636
SCRA 4.5% - I	-176	-280	-349	-413	-472	-525	-552	-565	-568	-571	-579	-589	-597
SCRA 7% - I	-168	-256	-316	-372	-420	-456	-472	-484	-488	-496	-500	-508	-516
Control - HS	-185	-309	-400	-453	-486	-510	-516	-522	-523	-534	-543	-557	-567
SCRA 2% - HS	-168	-277	-357	-419	-461	-472	-477	-477	-488	-501	-517	-528	-539
SCRA 4.5% - HS	-173	-283	-357	-403	-445	-464	-467	-477	-488	-496	-509	-523	-531
SCRA 7% - HS	-181	-264	-328	-372	-420	-444	-456	-464	-480	-496	-508	-520	-532

Estimación de la contracción del concreto tipo I

Los valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I se muestran en la Tabla *19*. La Figura 53, muestra el ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I.

Tabla 19

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I

t días (secado)	Contracción medida εmed	contracción ajustada εsh(t)
0	0	0
7	-0.000184444	-0.000172342
14	-0.000308444	-0.000301299
21	-0.000375111	-0.000392974
28	-0.000445333	-0.000460166
35	-0.000505778	-0.000511048
42	-0.000557333	-0.000550693
49	-0.000587556	-0.000582334
56	-0.000620444	-0.000608104
63	-0.000639111	-0.000629455
70	-0.000648889	-0.000647405
77	-0.000656889	-0.000662688
84	-0.000671111	-0.000675844
91	-0.000687111	-0.000687276

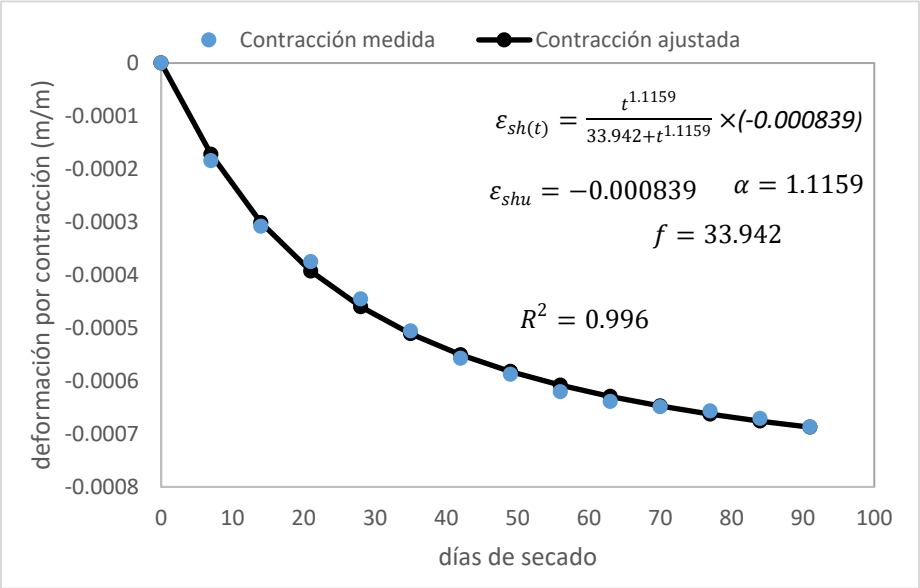


Figura 53. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I*

Estimación de la contracción del concreto tipo I y SCRA al 2%

Los valores de contracción medidos y estimados del concreto tipo I y SCRA al 2% se muestran en la Tabla 20. La Figura 54, muestra el ajuste no lineal del concreto tipo I y SCRA al 2%.

Tabla 20

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 2%

t días (secado)	contracción medida εmed	contracción ajustada εsh(t)
0	0	0
7	-0.000172	-0.000182296
14	-0.000292	-0.000300015
21	-0.000348	-0.000379934
28	-0.000404	-0.000437371
35	-0.000468	-0.000480507
42	-0.000524	-0.000514031
49	-0.000560	-0.000540799
56	-0.000588	-0.000562647
63	-0.000604	-0.000580806
70	-0.000612	-0.000596128
77	-0.000612	-0.000609226
84	-0.000624	-0.000620546
91	-0.000636	-0.000630424

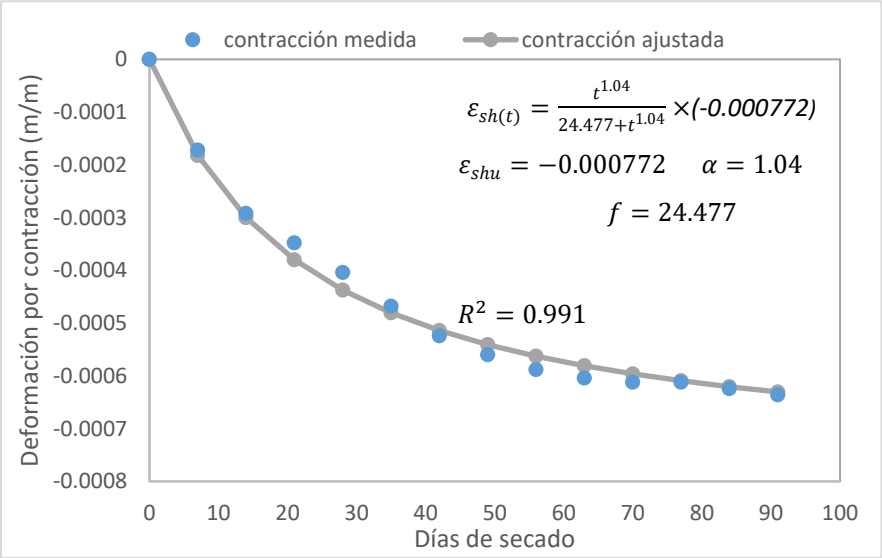


Figura 54. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I y SCRA al 2 %*

Estimación de la contracción del concreto tipo I y SCRA al 4.5%

Los valores de contracción medidos y estimados del concreto tipo I y SCRA al 4.5% se muestran en la Tabla 21. La Figura 55, muestra el ajuste no lineal del concreto tipo I y SCRA al 4.5%.

Tabla 21

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 4.5%

t días(secado)	Contracción medida εmed	contracción ajustada εsh(t)
0	0	0
7	-0.000176	-0.000182985
14	-0.00028	-0.00030185
21	-0.00034933	-0.000379454
28	-0.00041333	-0.000433228
35	-0.000472	-0.00047238
42	-0.00052533	-0.000502021
49	-0.000552	-0.000525168
56	-0.00056533	-0.000543703
63	-0.000568	-0.000558853
70	-0.00057067	-0.000571452
77	-0.00057867	-0.000582082
84	-0.00058933	-0.000591164
91	-0.00059733	-0.000599006

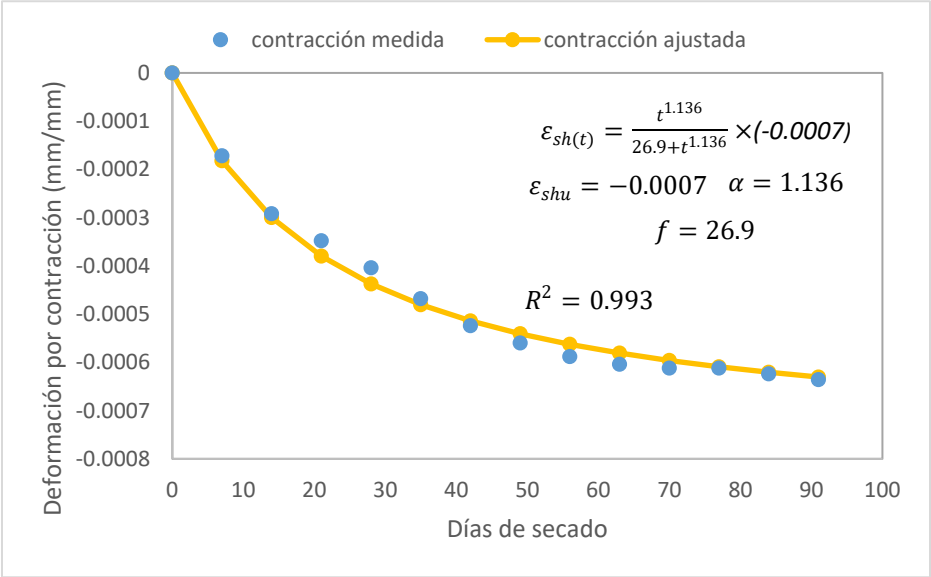


Figura 55. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I y SCRA al 4.5%*

Estimación de la contracción del concreto tipo I y SCRA al 7%

Los valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 7% se muestran en la Tabla *22*. La Figura 56, muestra el ajuste no lineal del concreto tipo I y SCRA al 7%.

Tabla 22

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo I y SCRA al 7%

t días(secado)	Contracción medida Ɛmed	contracción ajustada Ɛsh(t)
0	0	0
7	-0.000168	-0.000168982
14	-0.000256	-0.000269269
21	-0.000316	-0.000334031
28	-0.000372	-0.000379053
35	-0.00042	-0.000412078
42	-0.000456	-0.000437298
49	-0.000472	-0.000457164
56	-0.000484	-0.000473207
63	-0.000488	-0.000486424
70	-0.000496	-0.000497498
77	-0.0005	-0.000506906
84	-0.000508	-0.000514996
91	-0.000516	-0.000522025

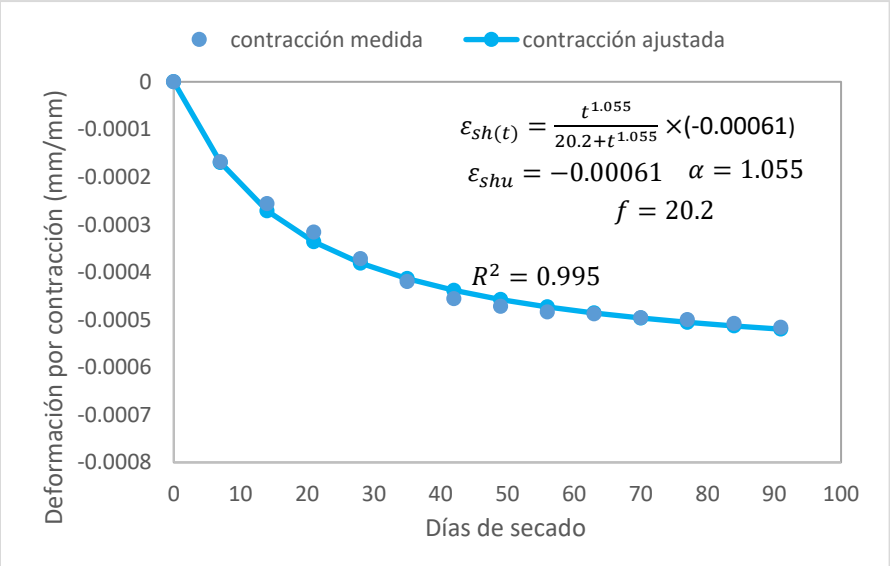


Figura 56. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo I y SCRA al 7%.*

Estimación de la contracción del concreto tipo HS

Los valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS se muestran en la Tabla 23. La Figura 57, muestra el ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS.

Tabla 23

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS

t días(secado)	contracción medida εmed	contracción ajustada εsh(t)
0	0	0
7	-0.000184889	-0.000185862
14	-0.000309333	-0.000311588
21	-0.0004	-0.00038789
28	-0.000453333	-0.000437121
35	-0.000486222	-0.000470855
42	-0.000510222	-0.000495131
49	-0.000516444	-0.000513293
56	-0.000521778	-0.000527315
63	-0.000522667	-0.000538419
70	-0.000534222	-0.0005474
77	-0.000543111	-0.000554795
84	-0.000557333	-0.000560975
91	-0.000567111	-0.000566208

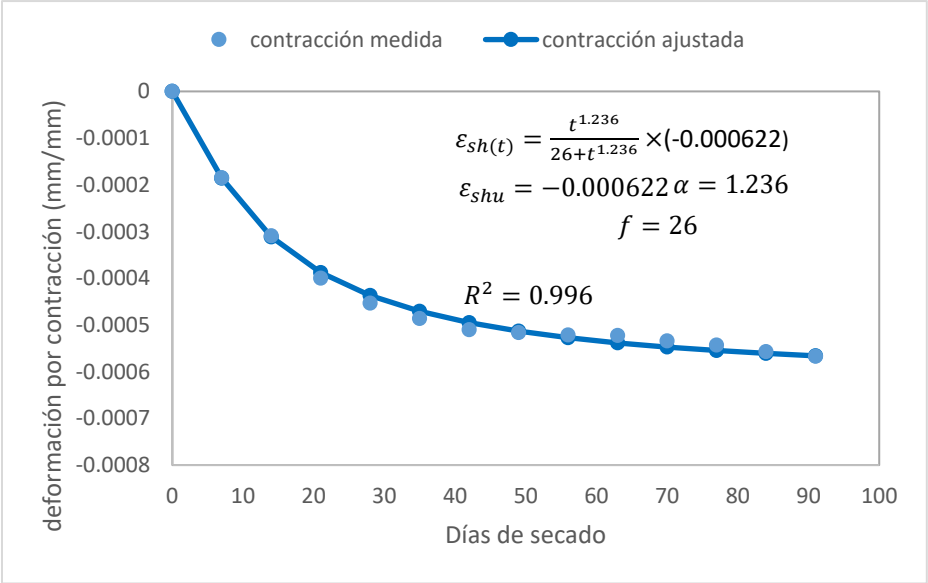


Figura 57. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS*

Estimación de la contracción del concreto tipo HS y SCRA al 2%

Los valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 2% se muestran en la Tabla 24. La *Figura 58,muestra* el ajuste no lineal del concreto tipo HS y SCRA al 2%

Tabla 24

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 2%

t días (secado)	contracción medida Ɛmed	contracción ajustada Ɛsh(t)
0	0	0
7	-0.000168	-0.000168269
14	-0.000277333	-0.000287075
21	-0.000357333	-0.00036001
28	-0.000418667	-0.000407204
35	-0.000461333	-0.000439536
42	-0.000472	-0.00046277
49	-0.000477333	-0.000480121
56	-0.000477333	-0.000493488
63	-0.000488	-0.000504053
70	-0.000501333	-0.000512581
77	-0.000517333	-0.000519589
84	-0.000528	-0.000525435
91	-0.000538667	-0.000530377

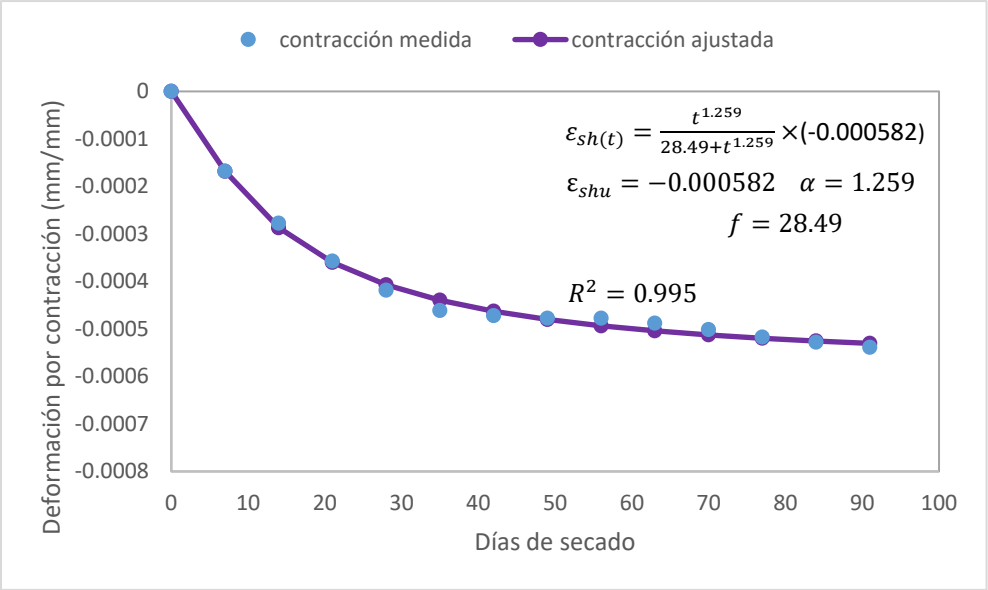


Figura 58. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS y SCRA al 2%*

Estimación de la contracción del concreto tipo HS y SCRA al 4.5%

Los valores de contracción medidos y estimados del concreto tipo HS y SCRA al 4.5% se muestran en la Tabla 25. La Figura 59, muestra el ajuste no lineal del concreto tipo HS y SCRA al 4.5%.

Tabla 25

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 4.5%

t días (secado)	contracción medida εmed	contracción ajustada εsh(t)
0	0	0
7	-0.000173333	-0.000179002
14	-0.000282667	-0.000286095
21	-0.000357333	-0.000352442
28	-0.000402667	-0.000396861
35	-0.000445333	-0.000428432
42	-0.000464	-0.000451915
49	-0.000466667	-0.000470007
56	-0.000477333	-0.000484342
63	-0.000488	-0.00049596
70	-0.000496	-0.000505553
77	-0.000509333	-0.0005136
84	-0.000522667	-0.00052044
91	-0.000530667	-0.000526322

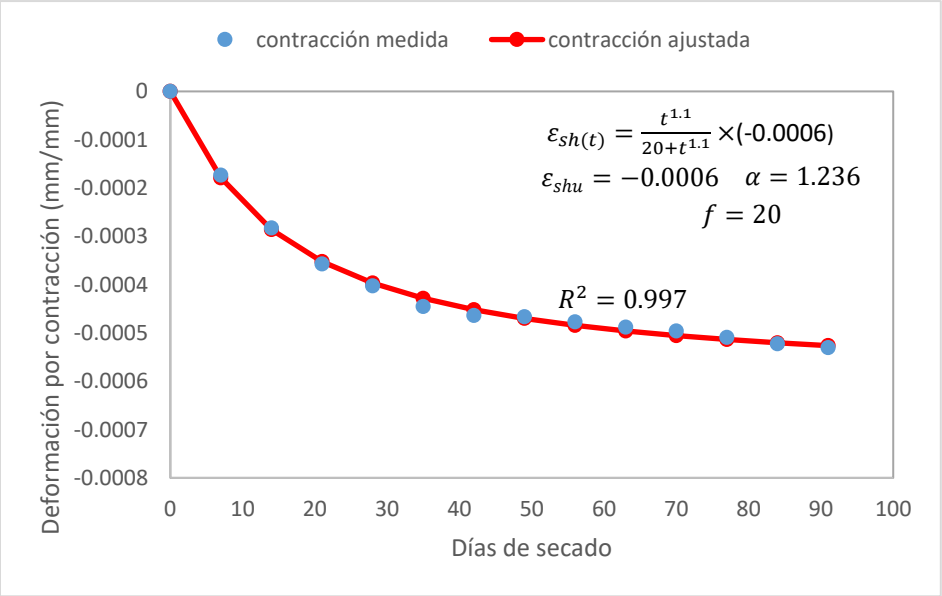


Figura 59. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS y SCRA al 4.5%*

Estimación de la contracción del concreto tipo HS y SCRA al 7%

Los valores de contracción medidos y estimados del concreto tipo HS y SCRA al 7% se muestran en la Tabla 26. La Figura 60, muestra el ajuste no lineal del concreto tipo HS y SCRA al 7%.

Tabla 26

Valores de contracción medidos y ajustados del concreto tipo HS y SCRA al 7%

t días (secado)	contracción medida εmed	contracción ajustada εsh(t)
0	0	0
7	-0.00018133	-0.000158942
14	-0.000264	-0.000262978
21	-0.000328	-0.000331191
28	-0.000372	-0.000378584
35	-0.00042	-0.000413152
42	-0.000444	-0.000439356
49	-0.000456	-0.00045984
56	-0.000464	-0.000476254
63	-0.00048	-0.000489678
70	-0.000496	-0.000500847
77	-0.000508	-0.000510274
84	-0.00052	-0.000518331
91	-0.000532	-0.00052529

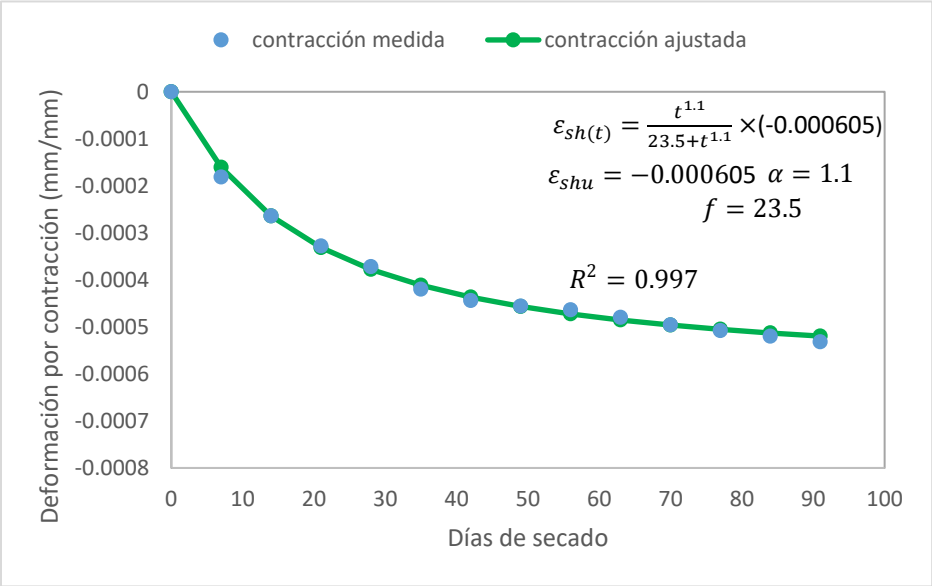


Figura 60. *Ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto tipo HS y SCRA al 7%.*

Los valores estimados de contracción ultima de cada mezcla para diferentes tiempos de secado se muestran en la Tabla *27*. Los valores de contracción de amarillo son la edad adecuada para estimar la contracción última del concreto, ya que no se observa una gran diferencia entre el cálculo de la contracción ultima a esa edad y a los 91 días de secado.

Tabla 27

Predicción de la contracción ultima utilizando mediciones a diferentes edades

Mezcla	Contracción ultima estimada (m/m; in/in)										Diferencia de contracción última estimada a 28 días y 91 días
	Número de días de secado										
	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	
Control I	-0.00081	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-0.00084	-3.45 %
SCRA 2% - I	-0.00076	-0.00077	-0.00078	-0.00080	-0.00080	-0.00080	-0.00079	-0.00078	-0.00077	-0.00077	-1.55 %
SCRA 4.5% - I	-0.00069	-0.00070	-0.00074	-0.00074	-0.00074	-0.00074	-0.00074	-0.00072	-0.00070	-0.00070	-2.00 %
SCRA 7% - I	-0.00060	-0.00062	-0.00063	-0.00064	-0.00064	-0.00064	-0.00064	-0.00062	-0.00062	-0.00061	-1.64 %
Control - HS	-0.00064	-0.00064	-0.00064	-0.00064	-0.00063	-0.00062	-0.00062	-0.00062	-0.00062	-0.00062	2.09 %
SCRA 2% - HS	-0.00059	-0.00059	-0.00058	-0.00058	-0.00058	-0.00058	-0.00058	-0.00058	-0.00058	-0.00058	1.37 %
SCRA 4.5% - HS	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00060	-0.00060	-0.00060	-0.00060	-0.00060	0.83 %
SCRA 7% - HS	-0.00062	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	-0.00061	2.47 %

Debido a que no se contaba con un plano de piso, se eligió para el cálculo de la distancia entre juntas un espesor de piso de concreto de e=20cm (8 in), ya que de acuerdo a la experiencia de la CCAA (2009) este espesor ha demostrado un buen desempeño para pisos industriales y comerciales de carga ligera. Por otro lado, la ecuación utilizada y la explicación de los diferentes parámetros utilizados se muestran en el ítem 4.5.2.13

La Tabla 28, muestra los parámetros y valores utilizados para el cálculo de la distancia entre juntas de las diferentes mezclas de concreto.

Tabla 28

Parámetros de entrada y valores utilizados para el cálculo de la distancia entre juntas

parámetro de entrada	valor
Periodo de curado	14
Humedad relativa ambiente	70%
Periodo crítico de secado en la superficie superior	180 días
Humedad relativa en la base de la losa	85%
Periodo total de exposición	365 días
α_{sr}	0.95
α_{rr}	1.275
ρ	0.004
Ancho máximo de fisura Wcr	0.035 in
Es	30x10^6 psi
Ec	3.42x10^6 psi

Los valores de distancia entre juntas(e=20cm) para las diferentes dosis de aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA) en el concreto con cemento tipo I y el concreto con cemento tipo HS se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29

Distancia entre juntas para pisos de concreto (e=20cm) con SCRA

Mezcla	contracción ultima (%)	dosis de SCRA (%)	Distancia entre juntas (m)
Control - I	0.086	0.0%	4.5

SCRA 2% - I	0.077	2.0%	5.1
SCRA 4.5% - I	0.065	4.5%	5.9
SCRA 7% - I	0.054	7.0%	7.3
Control - HS	0.062	0.0%	6.0
SCRA 2% - HS	0.054	2.0%	7.0
SCRA 4.5% - HS	0.050	4.5%	7.6
SCRA 7% - HS	0.047	7.0%	8.2

La Figura 61,**Figura *61*** muestra un comparativo entre la distancia entre juntas para un piso de concreto con cemento tipo I, cemento tipo HS y diferentes dosis del aditivo compensador y reductor de contracción (SCRA) con espesor de 20 cm (8 in).

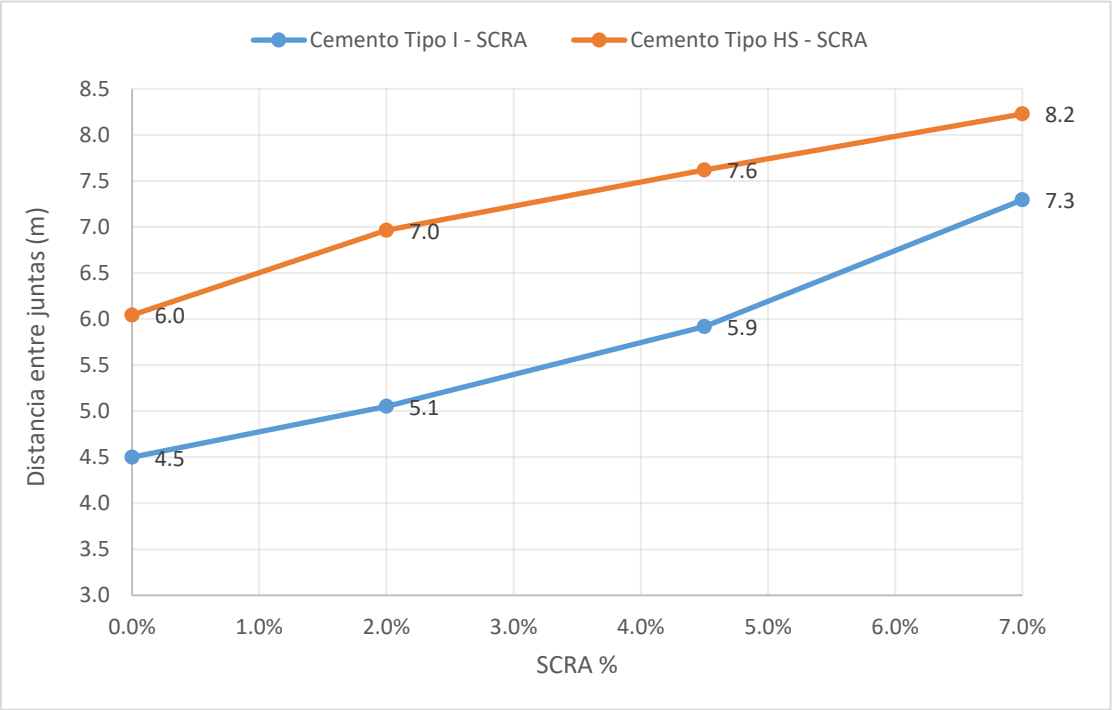


Figura 61. *Distancia entre juntas para el concreto con diferentes dosis de SCRA*

Por otra parte, la Figura 62 muestra la relación entre la distancia entre juntas para un piso de concreto de espesor de 8” (200 mm) y los diferentes valores de contracción ultima obtenidos mediante el ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto medidos en el ensayo ASTM 157.

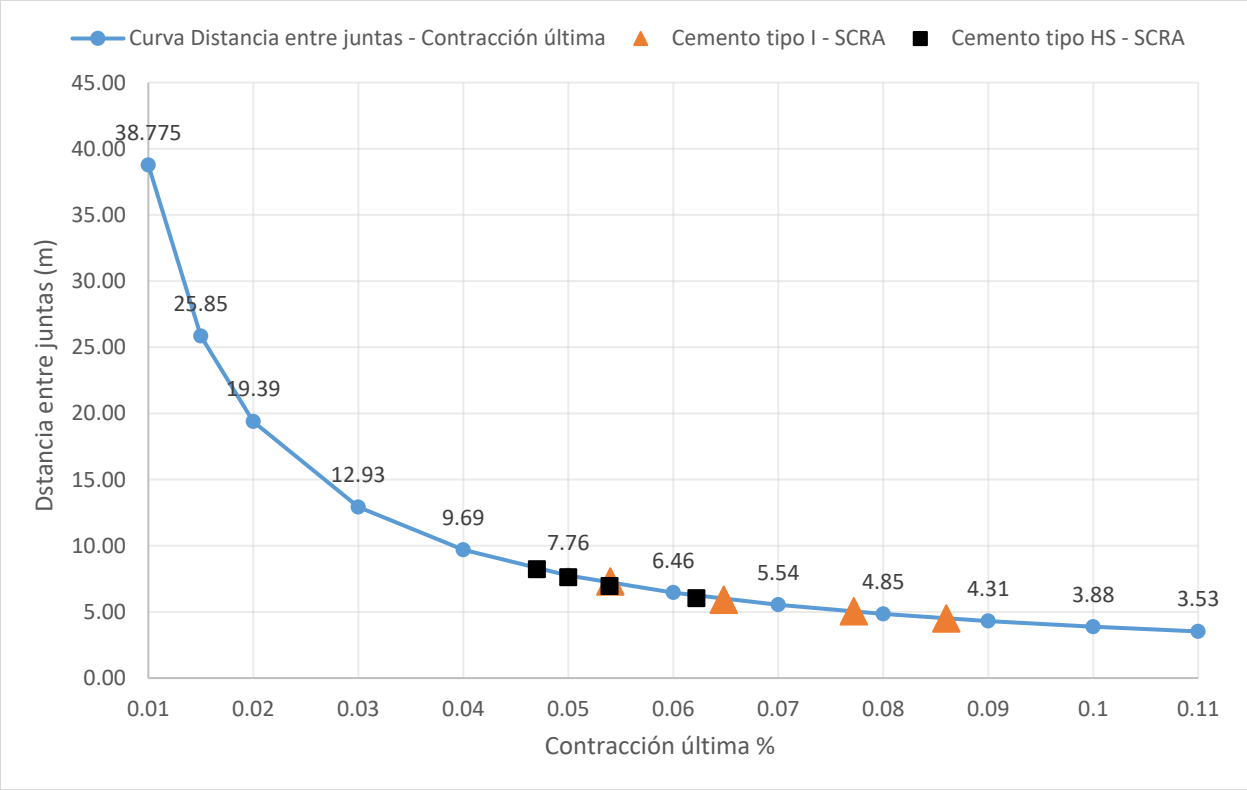


Figura 62. *Distancia entre juntas para diferentes valores de contracción ultima*

6. DISCUSIÓN

Trabajabilidad del concreto

La trabajabilidad del concreto es definida como la capacidad de una mezcla de concreto en estado fresco para ser colocada, consolidada y acabada en la superficie para una aplicación específica (Kosmatka et al., 2004; Mehta y Monteiro, 2006; Cook, 2015). En los pisos de concreto se debe tener especial cuidado con el flotado y acabado de los bordes de las juntas (ACI Committee 302, 2015), ya que las juntas de construcción tienden a presentar desconchados por la falta de densificación adecuada durante el acabado del concreto (Steve Metzger, 2005).

Por otro lado, las variaciones que se realizan en las proporciones de los agregados y los materiales de mezcla pueden generar ciertas restricciones al momento de tomar una decisión con el diseño de mezcla, ya que generan cambios en la trabajabilidad, sin embargo, medir la trabajabilidad solo con el ensayo de asentamiento, no necesariamente la representa como tal. En su lugar, el método propuesto

por Daniel Cook (2015) para medir la trabajabilidad es una herramienta más completa al evaluar indicadores como el asentamiento, la observación visual, la Reología del concreto y la capacidad de acabado.

En los resultados obtenidos se observa un asentamiento de 8” para las mezclas de concreto con cemento tipo I, tipo HS y SCRA en dosis del 2%, 4.5% y 7%, por lo tanto, el aditivo no influye en el indicador asentamiento.

Por otra parte, se realizó un comparativo de trabajabilidad para la mezcla de concreto control tipo I y la mezcla de concreto con SCRA al 4.5% en base a los indicadores propuestos por Cook (2015) como el asentamiento, la observación visual, la reología del concreto y la terminabilidad. En ambos concretos se obtuvo un promedio en el rango de 1-2 que se refiere a una trabajabilidad “buena” de acuerdo la escala propuesta por Cook (2015). En el concreto de control tipo I se obtuvo un promedio de 1.71, mientras que en el concreto con SCRA al 4.5% se obtuvo un promedio de 1.43. Esta diferencia se debe básicamente al indicador terminabilidad referido al Remove texture, ya que se necesitó un menor esfuerzo para generar el acabado esperado. Además, la capacidad de acabado de la superficie del concreto fue mejor en el concreto con SCRA al 4.5%.

Estos ensayos y resultados pueden ser una opción para satisfacer las necesidades actuales de los pisos de concreto, ya que de acuerdo al ACI Committee 360 (2006) se requiere investigación adicional en “Desarrollar proporciones de mezcla de concreto que tengan baja características de contracción, pero aún son trabajables, terminables, y proporcionar una superficie útil” (p.5). Por otro lado, independientemente de la reducción de juntas generadas por el aditivo, una mejora en la trabajabilidad del concreto garantiza que las juntas de construcción y contracción tengan bordes más densificados por una buena colocación y capacidad de acabado.

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto es utilizada en el diseño de pisos para controlar el módulo de rotura del concreto y, de esta manera, el espesor de piso (ACI Committee 360, 2006). En este caso, se evaluó un aditivo compensador y reductor de la contracción en dosis del 0%,2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento en la resistencia a la compresión del concreto para un piso clase 6 (f'c≥24MPa) de acuerdo al ACI Committee 302 (2015). La evaluación del aditivo se realizó en el concreto tipo I y en el concreto tipo HS.

Los resultados indican que la resistencia a la compresión se mantuvo por encima del f'c= 24 MPa. En el caso del concreto tipo I la resistencia a la compresión fue de f'c= 36 MPa superior en un 50%, mientras que para el concreto con cemento tipo HS fue f'c= 27.7 MPa superior en un 16%. Por otro lado, la adición del aditivo compensador y reductor de la contracción no afecta significativamente a la resistencia a la compresión del concreto tipo I para las edades de ensayo de 7, 14, 28 y 91 días. De la misma manera sucede con la resistencia a la compresión para el concreto con cemento tipo HS, pudiéndose aumentar la dosis de aditivo, en caso sea necesario. Estos resultados coinciden con lo mencionado por ACI Committee 212 (2016) que cuando se añade el óxido de magnesio como adición en el concreto no genera efectos significativos en la resistencia a la compresión.

Resistencia a la flexión

Según la CCAA (2009) los pisos de concreto son expuestos a cargas dinámicas de vehículos y cargas apiladas. Estas cargas van a generar diferentes tipos de esfuerzos en el concreto del piso, sin embargo, el diseño del espesor del piso, por lo general, es gobernado por los esfuerzos de flexión en el concreto (CCAA, 2009). En este caso, se evaluó el aditivo compensador y reductor de la contracción en dosis del 0%,2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento en el concreto para piso clase 6 (f'c≥24MPa).

Los resultados de resistencia a la flexión en el concreto tipo I a los 28 días fue de 4.18 MPa, mientras que para el concreto tipo HS fue 3.68 MPa. Por otra parte, la resistencia a la flexión del concreto no se ve afectada por el aditivo compensador y reductor de la contracción para edades de ensayo de 7 y

28 días, tanto para el concreto tipo I y para el concreto tipo HS. Este resultado también coincide con lo mencionado por el ACI Committee 212 (2016) donde el óxido de magnesio como adición no afecta las propiedades mecánicas del concreto.

Contracción del concreto

La contracción es una característica inherente del concreto. En el piso, se realizan las juntas como control de la fisuración por la contracción del concreto. Sin embargo, los segmentos del piso entre juntas se seguirán contrayendo con el tiempo, incrementando el ancho de estas y exponiéndolas a un mayor deterioro con el paso de los montacargas (Steve Metzger, 2005; CCAA 2009).

En este caso, se evaluó un aditivo compensador y reductor de la contracción en dosis del 0%,2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento en la contracción del concreto para un piso clase 6 ($f'c \geq 24MPa$). La evaluación del aditivo se realizó en el concreto tipo I y en el concreto tipo HS.

En general, se observa que el aditivo compensador y reductor de la contracción, compensa y reduce la contracción del concreto para ambos tipos de cemento (Se aprecia el efecto compensador durante la etapa de curado y el efecto reductor durante la etapa de secado). De acuerdo al ACI Committee 212 (2016) el impacto principal de los compensadores de contracción (SCA) y de los reductores de contracción (SRA) cuando actúan de manera independiente es reducir la contracción, sin embargo, la forma en como reducen la contracción es diferente de acuerdo a cada componente utilizado. En esta investigación se refiere a la reducción de contracción como el efecto en conjunto generado por ambos componentes es un mismo aditivo.

Por lo tanto, la cantidad de contracción que se logró reducir a las diferentes edades de secado se mantuvo constante para el concreto tipo I. Por ejemplo, para el concreto tipo I con dosis de SCRA de 2%,4.5% y 7% se logró reducir la contracción con respecto al concreto de control en 10%, 22% y 38 % respetivamente, estos porcentajes se mantuvieron constante para las edades de 28, 56 y 91 días de secado.

Por otro lado, el aditivo compensador y reductor de la contracción en dosis del 2%,4.5% y 7% en el concreto tipo HS logró reducir la contracción con respecto al concreto de control en 10%, 22% y 34 % respetivamente, estos porcentajes se mantuvieron constantes en promedio para las edades de 28, 56 y 91 días de secado.

Estos porcentajes de reducción coinciden con el rango propuesto por Revilla-Cuesta et al. (2022) que indica que el óxido de magnesio reduce la contracción en un rango de 20 a 40%, sin embargo, el añadió dosis del 10% de MgO, superiores a las dosis trabajadas en esta investigación.

Distancia entre juntas

De acuerdo a lo especificado por el ACI Committee 360 (2006) la distancia entre juntas en los pisos se determina de función a la contracción última del concreto y al espesor del piso. Por otro lado, Miltenberger y Attiogbe (2002) proporcionan una ecuación para el cálculo de la distancia entre juntas que se puede adecuar en función a los indicadores de contracción última del concreto y el espesor del piso.

Para estimar la contracción última del concreto, nos apoyamos en el estudio realizado por Fu et al. (2012) donde demuestra que cuando se utilizan los diferentes métodos propuestos por el comité ACI 209 para predecir la contracción última del concreto los resultados presentan una gran variabilidad. En esta investigación al trabajar con diferentes tipos de cemento y un aditivo que modifica la contracción se decidió realizar el cálculo de la contracción ultima en base al ajuste no lineal a una curva hiperbólica de los valores contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157. Este procedimiento fue utilizado por Fu et al. (2012) para estimar la contracción ultima de concreto con agregados ligeros y aditivo reductor de contracción donde se obtuvo un nivel de correlación R^2superior a 0.99. En nuestro caso, se logró estimar la contracción última del concreto con cemento tipo I, tipo HS y SCRA con un nivel de correlación R^2superior a 0.99, lo que confirma el procedimiento demostrado por Fu et al. (2012) para estimar la contracción ultima de concreto.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la ecuación (3) a la cual se ajusta los valores de contracción del ensayo ASTM C157, considerada aquello valores de contracción a partir del secado, por lo que si se usan aditivos compensadores de contracción el valor de contracción final neto se obtendrá al sumar la expansión generada más el valor de contracción “final” obtenida en la ecuación.

Para determinar el espesor del piso, por lo general, se realiza un cálculo en función de las cargas que transitarán y serán apiladas en el piso. Sin embargo, al no contar con un plano de piso se asumió un espesor de 20 cm recomendado como mínimo por la CCAA (2009) en base a su experiencia para resistir cargas de vehículos en pisos que se encuentre en subrasantes de baja calidad.

La distancia entre juntas obtenidas mediante la ecuación de Miltenberg y Attiogbe (2002) en el piso de concreto (e=20cm) con cemento tipo I y dosis de aditivo del 0%, 2%, 4.5% y 7% fue de 4.5 m, 5.1 m, 5.9 m y 7.3 m, mientras que para el concreto con cemento tipo HS y dosis de aditivo del 0%, 2%, 4.5% y 7% fue de 6.0 m, 7.0 m, 7.6 m y 8.2 m. En los resultados, se observa que la adición del SCRA permite incrementar la distancia entre juntas en los pisos de concreto con cemento tipo I y el concreto con cemento tipo HS, siendo mayor en el segundo.

También se observa que los resultados de distancia entre juntas obtenidos mediante el análisis de la contracción del concreto concuerdan con los valores de distancia entre juntas recomendados por las tablas del ACI Committee 360 (2006) en base a su experiencia. Por otra parte, se hace énfasis que para el cálculo de distancia entre juntas no se consideran los efectos térmicos, así que los valores de distanciamiento entre juntas obtenidos se reducirían si se tuvieran en cuenta.

En esta investigación, la adición de aditivo compensador y reductor de contracción redujo la contracción en gran medida, sin embargo, no fue suficiente para extender las juntas a una distancia de 12 m como las obtenidas por Gracia y Quesada (2012) al utilizar un aditivo compensador de contracción a base de CaO y por Domaniczky y Olivella (2021) al utilizar un aditivo compensador a base de MgO.

7. CONCLUSIONES

Se evaluó un aditivo compensador y reductor de la contracción, compuesto a base de óxido de magnesio y éter glicol, en el concreto para pisos clase 6 (f'c≥24MPa) según el ACI Committee 302 (2015), el cual es expuesto al tráfico de montacargas. Los resultados muestran que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto mejora la trabajabilidad, compensa y reduce la contracción y no afecta en la resistencia a la compresión y flexión del concreto; lo que no restringe su uso en pisos. Por otro lado, se demostró que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto incrementa la distancia entre juntas, que se traduce en la reducción de juntas en los pisos. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto reduce las juntas en los pisos de la ciudad de Lima.

Con respecto a los objetivos específicos se concluye que:

- La trabajabilidad del concreto se calculó de acuerdo a un rango propuesto por Cook (2015) en base al promedio de las calificaciones obtenidas por los indicadores de asentamiento, observación visual, reología del concreto y terminabilidad. En la escala de cook (2015) se obtuvo para el concreto de control y para el concreto con SCRA al 4.5% un promedio de los indicadores en un rango de "1-2" que significa buena trabajabilidad, para el concreto de control se obtuvo un valor 1.71 y para el concreto con SCRA al 4.5% se obtuvo un valor de 1.43. Esta diferencia se debe a la mejora de la capacidad de acabado que proporciona el aditivo. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto mejora la trabajabilidad del concreto.
- La resistencia a la compresión se calculó como esfuerzo a la compresión de acuerdo a la norma ASTM 39. La resistencia a la compresión del concreto tipo I a los 28 días fue de 36MPa, mientras que para el concreto tipo HS fue de 27.7 MPa; en ambos casos por encima del f'c≥24 MPa, estipulado para el concreto para piso clase 6. Por otro lado, en el concreto tipo I y en el concreto tipo HS, no se observaron diferencias en la resistencia a la compresión del concreto a edades de 7,14,28 y 91 días

para dosis de SCRA del 2%, 4.5% y 7% con respecto al peso del cemento. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción no influye en la resistencia a la compresión del concreto.

- La resistencia a la flexión se calculó como módulo de rotura de acuerdo a la norma ASTM C78. En el concreto tipo I y en el concreto tipo HS, no se observaron diferencias en la resistencia a la flexión del concreto a edades de ensayo de 7 y 28 días cuando se agregó el SCRA al 2%, 4.5% y 7% con respecto al peso del cemento. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción no influye en la resistencia a la flexión del concreto.
- La contracción del concreto se mide como cambio de longitud y para su cálculo se utilizó la norma ASTM C157 modificada para mezclas con potencial expansivo. El cambio de longitud del concreto se midio durante 14 días de curado y 91 días de secado. Durante este periodo, en el concreto tipo I y en el concreto tipo HS, cuando se añadió el aditivo en dosis del 2%, 4.5% y 7% se observa el efecto compensador (expansión del concreto) de la contracción durante la etapa de curado y el efecto reductor de la contracción durante la etapa de secado. Por otro lado, el efecto dual, logro reducir la contracción durante el secado para el concreto tipo I y dosis de SCRA del 2%, 4.5% y 7% en 10%, 22% y 38 %, mientras que para el concreto tipo HS y dosis de SCRA del 2%, 4.5% y 7% en 10%, 22% y 34 %. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto compensa y reduce la contracción.
- La distancia entre juntas se calculó utilizando los valores de contracción última del concreto estimados mediante el ajuste no lineal a los valores de contracción del concreto obtenidos en el ensayo ASTM C157, pudiéndose estimar la contracción última del concreto con un nivel de correlación superior al 0.99 para el concreto con cemento tipo I, tipo HS y SCRA en dosis del 2%, 4.5% y 7 % con respecto al peso del cemento. La distancia entre juntas obtenidas mediante la ecuación de Miltenberg y Attiogbe (2002) en el piso de concreto (e=20cm) con cemento tipo I y dosis de aditivo del 0%, 2%, 4.5% y 7%

fue de 4.5 m, 5.1 m, 5.9 m y 7.3 m, mientras que para el concreto con cemento tipo HS y dosis de aditivo del 0%, 2%, 4.5% y 7% fue de 6.0 m, 7.0 m, 7.6 m y 8.2 m. En todos los casos se observa un incremento de la distancia entre juntas. Por lo tanto, se concluye que el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto incrementa la distancia entre junta en los pisos.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la trabajabilidad del concreto con aditivo compensador y reductor de la contracción (SCRA) de acuerdo a los indicadores propuestos por Cook (2015), pero en mayores dosis de aditivo, ya que en esta investigación solo se realizó un comparativo con una dosis del 4.5%. Por otro lado, se recomienda evaluar la trabajabilidad del concreto con SCRA para las combinaciones de agregado que cumplan con límites del gráfico de la tarántula y que se encuentren en la zona II del Shilstone factor chart. Estos concretos tienden a presentan una mayor relación AG (agregado grueso) – AF (agregado fino); diferente a la realizada en esta investigación, ya que se tuvo que mantener el contenido de agregado fino para garantizar la bombeabilidad del concreto.
- Se recomienda evaluar el SCRA en el concreto con mayores resistencias, por ejemplo, concretos con relaciones a/c = 0.55 y a/c= 0.50, también utilizado en pisos. Por otro lado, se recomienda realizar mediciones de resistencia a la compresión y, en lo posible, especificar resistencias a los 60 o 90 días, en lugar de 28 días, ya que de esta manera se reduce la contracción del concreto y se podría diferir el rellenado y sellado de las juntas.
- Se recomienda evaluar la resistencia a la flexión del concreto con SCRA en todo proyecto de pisos, ya que en el mercado actual hay una gran variedad de cementos adicionado y aditivos que pueden alterar la resistencia del concreto. Además, se recomienda realizar una mayor cantidad de pruebas por edad de acuerdo a la norma ASTM C78, ya que en nuestro caso solo ensayamos 2 muestras de 0.15x0.15x0.65 m por edad.

- Se recomienda evaluar la contracción del concreto con SCRA en el concreto con relaciones a/c = 0.55 y a/c= 0.50. Además, se recomienda realizar mediciones de cambio de longitud a edades de 91 días de secado de acuerdo a la norma ASTM C157 modificada para evaluar aditivos que modifiquen la contracción y se recomienda realiza mediciones semanales para poder realizar la estimación de la contracción última del concreto con una mayor confiabilidad. Por otra parte, se recomienda especificar por contracción al concreto aplicado en proyectos de pisos y pavimentos en la ciudad de Lima, proponiendo límites de contracción a diferentes edades de secado.
- Para calcular la distancia entre juntas en pisos de concreto sea por el método recomendado por el ACI Committee 360 (2006) o la ecuación de Miltenberg y Attiogbe (2002) propuesta en esta investigación se recomienda realizar mediciones de contracción en el ensayo ASTM C157 y estimar la contracción última del concreto mediante el ajuste no lineal a una curva hiperbólica de los valores de contracción obtenidos en el ensayo ASTM C157, independientemente de los materiales que contenga el concreto. Se recomienda aumentar la distancia entre juntas en los pisos de concreto utilizando alguna tecnología que no incremente el costo total del proyecto.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI Committee 223. (2010). Guide for de use of shrinkage-compensating concrete (ACI 223R-10). American Concrete Institute, Farmington Hills.

ACI Committee 302. (2015). Guide to Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-15). American Concrete Institute, Farmington Hills.

ACI Committee 304. (2017). Guide to placing concrete by pumping methods (ACI 302.2R-17). American Concrete Institute, Farmington Hills.

ACI Committee 360. (2006). Design of Slabs-on-Ground (ACI 360R-06). American Concrete Institute, Farmington Hills.

ACI Committee 209. (2008). Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete (ACI 209.2R-08). American Concrete Institute, Farmington Hills.

ACI Committee 212. (2016). Report on Chemical Admixtures for Concrete (ACI 212.3R-16). American Concrete Institute, Farmington Hills.

ASTM C150/C150M. (2011). Standard Specification for Portland Cement. *ASTM International*. West Conshohocken, PA.

ASTM C1157/C1157M. (2017). Standard Performance Specification for Hydraulic Cement. *ASTM International*. West Conshohocken, PA.

ASTM C157/C157M. (2017). Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic Cement Mortar and Concrete. *ASTM International*. West Conshohocken, PA.

ASTM C39/C39 M. (2020). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. *ASTM International.* West Conshohocken, PA.

ASTM C143/C143M. (2020). Standard Test Method for Slump of Hydraulic–Cement Concrete. *ASTM International.* West Conshohocken, PA.

ASTM C192/192M. (2019). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. *ASTM International.* West Conshohocken, PA.

ASTM C403/ C403M. (2016). Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixture by Penetration Resistance. *ASTM International.* West Conshohocken, PA.

ASTM C490/C490M. (2017). Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete. *ASTM International.* West Conshohocken, PA.

ASTM C78/C78M. (2018). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third Point Loading). ASTM International. West Conshohocken, PA.

Alfaro Arana, T.G. y Laura Conza, L.J. (2014). *Estudio comparativo para la sustitución de un cemento Portland tipo V entre un cemento puzolánico con especificaciones de la performance tipo Hs en la Fábrica de Cemento Yura S.A*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú.

Bartojay, K. y Lucero, C. (2018). Comparative Analysis on Reducing Concrete Shrinkage and Cracking. US Bureau of Reclamation, Denver, CO.https://www.usbr.gov/research/projects/detail.cfm?id=2725

Bellido, F. (2019). *Aplicación del cemento portland con alta resistencia a los sulfatos tipo HS para la construcción de reservorio en el Proyecto de Saneamiento del Esquema Víctor Raúl Haya de la Torre en el distrito del Callao*. Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

Claisse, P. (2015). Civil Engineering Materials. Elsevier.

Cement Concrete & Aggregates Australia (2009). Guide to industrial Floors and Pavements – Design, construction and specification.

Coila Ticona, N. A. y Loayza Cahua, J. D. (2015). *Influencia de la relación agua cemento y el agregado fino en la retracción y/o contracción para concretos en Arequipa.* http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3300

Collepardi, M., Borsoi, A., Collepardi, S., Ogoumah, J. y Troli, R. (2005). Effects of shrinkage reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non-wet curing conditions. *Cement and Concrete Composites, 27*, 704-708.

Collepardi, M., Troli, R., Bressan, M., Liberatore, F. y Sforza, G. (2008). Crack-free concrete for outside industrial floors in the absence of wet curing and contraction joints. *Cement and Concrete Composites, 30*, 887-891.

Cook D., Ghaeezadeh A., y Ley, T. (2013). *Investigation of Optimized Graded Concrete for Oklahoma*. Oklahoma Transportation Center.

Cook, D.M., Ghaeezah A., Ley, T. y Russell, B. (2013). Investigation of Optimized Graded Concrete for Oklahoma-Phase 1. FHWA OK-13-12. Oklahoma Department of Transportation, Oklahoma City, Oklahoma.

Cook (2015). Aggregate proportioning for slip formed pavements and flowable concrete. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, 273 pp.

Cook, D.M., Seader, J.N., Ley, M.T y Russell, B.W. (2015). Investigation of Optimized Graded Concrete for Oklahoma-Phase 2. FHWA OK-15-07. Oklahoma Departament of Transportation, Oklahoma City, Oklahoma.

Dirección de normatividad-Produce. (2020). Exposición de Motivos del Reglamento técnico sobre cemento hidráulico utilizado en edificaciones y construcciones de concreto en general (R.M. N°175-2020-PRODUCE), *Ministerio de producción*, Lima, Perú.

Du, C. (2005). A review of magnesium oxide in concrete. *Concrete International*, *27*, 45–50.

Domaniczky, N. y Olivella, S. (2021). *Estudio de Factibilidad Técnica de Hormigones de Retracción Compensada Aplicado a la Construcción de Pavimentos*. Universidad Nacional de Asunción.

Euclid Chemical. (2012). AD-06 MODIFIED ASTM C157 TEST METHOD. https://www.euclidchemical.com/download-center/technical-bulletins/

Fu, T., Deboodt, T. e Ideker, J. (2012). Prediction of drying shrinkage for internally cured high-performance concrete. *ACI Symposium Publication 290*. American Concrete Institute.

González Maldonado, G. (2017). *Análisis de la efectividad en la retracción de concretos al adicionar ceniza volante y un aditivo compensador.*

Gracia, O. A. & Quesada, G. (2012). *Evaluación de una alternativa para la construcción de pisos industriales de gran formato en Colombia*. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10554/2624.

Ideker, J.H., Fu, T. y Deboodt, T. (2013). Development of shrinkage limits and testing protocols for Odot high performance concrete. Final Report No. SPR 728. Oregon Department of Transportation.

Imbabi, M.S., Carrigan, C. y McKenna, S. (2012). Trends and developments in green cement and concrete Technology. *International Journal of Sustainable Built Environment*, *1*, 194-216.

Khajehdehi, R. y Darwin, D. (2018). Controlling Cracks in Bridge Decks. SM Report No. 129. University of Kansas Center for Research, Inc. Lawrence, KS, 237 pp.

Kosmatka, S.H., Kerkhoff, B., Panarese, W, C. y Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de* Mezclas de Concreto. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU.

Ley, T., Cook, D. y Fick, G. (2012). Concrete Pavement Mixture Design and Analysis (MDA): Effect of Aggregate Systems on Concrete Properties. National Concrete Pavement Technology Center, Iowa.

Ley, T. y Cook, D. (2014). Aggregate Gradations for Concrete Pavement Mixtures. CP ROAD MAP.

Lothenbach, B., Scrivener, K. y Hooton, R.D. (2011). Supplementary cementitious materials. *Cement and Concrete Research, 41*, 1244-1256.

Maltese, C., Pistolesi, C., Lolli, A., Bravo, A., Cerulli, T. y Salvioni, D. (2005). Combined Effect of expansive and shrinkage reducing admixtures to obtain stable and durable mortars. *Cement and Concrete Research, 35*, 2244-2251.

Mehta, P.K. y Monteiro, P.J.M. (2006). Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. (3ª ed.). The McGraw-Hill Companies, Inc.

Miltenberger. M. A. y Attiogbe.E.K. (2002). Shrinkage-Based analysis for control-Joint spacing in slabs-on-ground. *ACI STRUCTURAL JOURNAL, 99,* 352-359.

Mo, L., Deng, M. y Tang, M. (2010). Effects of calcination condition on expansion property of MgO-type expansive agent used in cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, *40*, 437–446.

Mo, L., Deng. M y Wang, A. (2012). Effects of MgO-based expansive additive on compensating the shrinkage of cement paste under non-wet curing conditions. *Cement and Concrete Composites*, 34,377-383.

Mo, L., Deng, M., Tang, M. y Al-Tabbaa, A. (2014) MgO expansive cement and concrete in China: Past, present and future. *Cement and Concrete Research*, *57*, 1–12.

Munizaga Román, A.G. (2009). Fisuración por retracción en hormigones: Influencia del tipo de cemento.

Nagatki, S. y Tsuji, Y. (1994). Recommended Practice for Expansive Concrete. *Concrete Library of JSCE, 23*, 1-48.

Nassif, H., Aktas, K. y Najm, H. (2007). *Concrete Shrinkage Analysis for Bridge Deck Concrete*. Research Report No. FHWA NJ-2007-007. New Jersey Department of Transportation, Trenton, NJ.

Párraga Requena, C. A., Torres Trigoso, J. L. (2021). Propuesta de diseño de concreto con cementos puzolánicos para la construcción de pavimentos CRCP en las carreteras de la Región Sur de Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Poole, Toy. (2005). *Guide for curing of portland cement concrete pavements* (FHWA-RD-02-099). Federal Highway Administration, Washington, DC.

Premier Magnesia. (s.f). Case studies. https://www.premiermagnesia.com/cpg/case-studies

Revilla-Cuesta, V., Evangelista, L., Brito, J., Skaf, M. y Ortega-López, V. (2022). Mechanical performance and autogenous and drying shrinkage of MgO-based recycled aggregate high-performance concrete. *Construction and Building Materials, 314*, 125726.

Rodríguez Dávila, P. M. (2010). *Estudio del concreto con aditivo reductor de contracción, utilizando cemento Portland tipo I.* http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3217

SIKA USA. (26 de julio del 2019). *Sika Slab on Grade Solutions.* https://usa.sika.com/en/resource-center/continuing-education-library/sika-slab-solutions.html#sikaslab

Steve Metzger. (2005). Focus on industrial floor joints. Metzger/McGuire.

Van Dam, T. y Smith, K. D. (2011). *Blended and Performance Cement* (FHWA-HIF-11-025). Federal Highway Administration, Washington, DC.

von Fay, K., Joy, W. y Kepler, W. (2011*). Evaluation of New Concrete Shrinkage Reducing Additive for Glen Elder Dam Spillway Inlet Slab Repair*. Memorandum Number MERL 2011-34, Bureau of Reclamation, Denver, CO.

Weiss, W.J., Lura, P., Rajabipour, F. y Sant, G. (2008). Performance of Shrinkage-Reducing Admixtures at Different Humidities and at Early Ages. *ACI Materials Journal,105(5)*, 478-486.

West, M., Darwin, D., and Browning, J. (2010). "Effect of Materials and Curing Period on Shrinkage of Concrete," SM Report No. 98, The University of Kansas Center for Research, Inc., Lawrence, KS, 296 pp.

Zhan, P. y He, Z. (2019). Application of shrinkage reducing admixture in concrete: A review. *Construction and Building Materials, 201*, 676-690.

10. ANEXOS

ANEXO A. CALCULO ESTADÍSTICO

Tabla 30

Resultados de prueba de t de student del concreto tipo I y SCRA

28 días de secado - cemento tipo I – SCRA

contracción promedio (με)		0%	2%	4.50%	7%
472	0%		95	Y	Y
412	2%			Y	Y
361	4.50%				Y
291	7%				

56 días de secado - cemento tipo I – SCRA

contracción promedio (με)		0%	2%	4.50%	7%
647	0%		95	Y	Y
596	2%			Y	Y
513	4.50%				Y
405	7%				

91 días de secado - cemento tipo I – SCRA

contracción promedio (με)		0%	2%	4.50%	7%
714	0%		Y	Y	Y
644	2%			Y	Y
545	4.50%				Y
435	7%				

“Y” indica un nivel de confianza del 98% (α = 0,02)

Los niveles de confianza que no excedan el 80 %, 90 % y 95 % se indican mediante “80”, “90” y “95”

“N” indica nivel de confianza por debajo del 80% (α = 0,20)

Tabla 31

Resultados de prueba de t de student del concreto tipo HS y SCRA

28 días de secado - cemento tipo HS – SCRA

contracción promedio (με)		0%	2%	4.50%	7%
420	0%		Y	Y	Y
376	2%			Y	Y
309	4.50%				Y
237	7%				

56 días de secado - cemento tipo HS – SCRA

contracción promedio (με)		0%	2%	4.50%	7%
492	0%		Y	Y	Y
435	2%			Y	Y
384	4.50%				Y
331	7%				

91 días de secado - cemento tipo HS – SCRA

contracción promedio (με)		0%	2%	4.50%	7%
537	0%		Y	Y	Y
496	2%			Y	Y
440	4.50%				Y
403	7%				

“Y” indica un nivel de confianza del 98% ($\alpha = 0,02$)

Los niveles de confianza que no excedan el 80 %, 90 % y 95 % se indican mediante “80”, “90” y “95”

“N” indica nivel de confianza por debajo del 80% ($\alpha = 0,20$)

Tabla 32

Resultado de la prueba t de student del concreto de control tipo I y tipo HS

28 días de secado

contracción promedio (με)			A/C=0.60	
			tipo I	Tipo HS
472	A/C=0.60	Tipo I		Y
420		Tipo HS		

56 días de secado

contracción promedio (με)			A/C=0.60	
			tipo I	Tipo HS
647	A/C=0.60	Tipo I		Y
492		Tipo HS		

91 días de secado

contracción promedio (με)			A/C=0.60	
			tipo I	Tipo HS
714	A/C=0.60	Tipo I		Y
537		Tipo HS		

"Y" indica un nivel de confianza del 98% (α = 0,02)

Los niveles de confianza que no excedan el 80 %, 90 % y 95 % se indican mediante "80", "90" y "95"

"N" indica nivel de confianza por debajo del 80% (α = 0,20)

ANEXO B. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variable independiente	Dimensión	sub dimensión	indicador	Instrumentos	Fuente
¿Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima ?	Evaluar la influencia del aditivo compesador y reductor de la contracción en el concreto para reducir las juntas en los pisos de la ciudad de Lima	El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto reduce las juntas en los pisos de la ciudad de Lima	Aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto	Cemento tipo I	-	0% peso del cemento	Diseño de mezcla del	Mixercon
							Metodos de optimización de agregados para pisos	ACI 302 (2015) y Cook(2015)
							Bombeabilidad del concreto	Cook et al. (2015) y ACI Committee 304
					-	2% peso del cemento	Diseño de mezcla del concreto	Especificaciones tecnicas del producto
					-	4.5% peso del cemento		
					-	7% peso del cemento		
				Cemento tipo HS	-	0% peso del cemento	Diseño de mezcla del	Mixercon
							Metodos de optimización de agregados para pisos	ACI 302 (2015) y Cook(2015)
							Bombeabilidad del concreto	Cook et al. (2015) y ACI Committee 304
					-	2% peso del cemento	Diseño de mezcla del concreto	Especificaciones tecnicas del producto
					-	4.5% peso del cemento		
					-	7% peso del cemento		
Problemas especificos	Objetivos especificos	Hipotesis especificas	Variable dependiente	Dimensión	sub dimensión	indicador	Instrumento	Fuente
¿ Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la trabajabilidad del concreto ?	Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la trabajabilidad del concreto	El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto mejora la trabajabilidad del concreto	Las juntas en los pisos	Propiedades del concreto para pisos	Trabajabilidad del concreto	Asentamiento (Escala de cook)	wincha - cono de abrams	cook (2015)
						Observación visual (Escala de cook)	observación	
						Reología del concreto (Escala de cook)	reometro Icar	
						Terminabilidad (Escala de cook)	Bull float	
¿ Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la compresión del concreto?	Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la compresión del concreto	El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto no influye en la resistencia a la compresión del concreto			Resistencia a la compresión del concreto	Esfuerzo a la compresión	Maquina de ensayo Uniaxial automatica	ASTM C39
¿ Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la flexión del concreto?	Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la resistencia a la flexión del concreto	El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto no influye en la resistencia a la flexión del concreto			Resistencia a la flexión del concreto	Modulo de rotura	Equipo para flexión de dos puntos	ASTM C78
¿ Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en la contracción del concreto?	Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en la contracción del concreto	El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto compensa y reduce la contracción del concreto			Contracción del concreto	Cambio de longitud	tiempo de fragua final	ASTM C403 - Khaledehi y Darwin (2018)
							Comparador de longitud	ASTM C157
							Camara de secado	
							Moldes y pernos standarizados	ASTM C490
¿ Cómo influye el aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto en la distancia entre juntas en los pisos ?	Evaluar la influencia del aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto en la distancia entre juntas en los pisos	El aditivo compensador y reductor de la contracción en el concreto incrementa la distancia entre juntas en los pisos		Distancia entre juntas		Contracción Ultima	Ecuación (Contracción ultima del concreto, espesor de la losa, factores de correción)	Miltenberger y Attiogbe (2002); Fu et al. (2012)
						espesor del piso		

ANEXO C. RESULTADOS DE ENSAYO ASTM C157.

ENSAYO ASTM C157

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	1/8	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

Estimado Marco:

Las mediciones del cambio de longitud de acuerdo a la norma ASTM C157 realizadas en nuestro laboratorio de ensayo de Materiales (LEM) para las mezclas de concreto cemento tipo I - Nacional y aditivo sika control NS (SK NS) se muestran en promedio en el siguiente cuadro:

Edad de ensayo	Condición	% cambio de longitud para mezclas de concreto con cemento tipo I y SK NS						
		Diseño 0.65 -I	Patrón 2%-I	SK NS 2%-I	Patrón 4.5%-I	SK NS 4.5%-I	PATRÓN 7%-I	SK NS 7%-I
14 horas	curado	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 día	curado	0.000	0.001	0.002	-0.001	0.006	0.002	0.009
7 días	curado	-0.002	-0.002	-0.001	-0.002	0.004	-0.001	0.007
14 días	curado	-0.004	-0.004	-0.001	-0.003	0.005	-0.002	0.008
21 días	secado	-0.025	-0.021	-0.018	-0.022	-0.012	-0.021	-0.009
28 días	secado	-0.039	-0.034	-0.030	-0.035	-0.023	-0.032	-0.018
35 días	secado	-0.046	-0.040	-0.036	-0.041	-0.030	-0.040	-0.023
42 días	secado	-0.053	-0.046	-0.041	-0.048	-0.036	-0.048	-0.029
49 días	secado	-0.059	-0.051	-0.048	-0.055	-0.042	-0.054	-0.034
56 días	secado	-0.065	-0.059	-0.053	-0.060	-0.047	-0.056	-0.037
63 días	secado	-0.067	-0.062	-0.057	-0.063	-0.050	-0.059	-0.039
70 días	secado	-0.071	-0.066	-0.060	-0.066	-0.051	-0.063	-0.041
77 días	secado	-0.074	-0.068	-0.061	-0.067	-0.052	-0.065	-0.041
84 días	secado	-0.074	-0.068	-0.062	-0.068	-0.052	-0.067	-0.042
91 días	secado	-0.075	-0.069	-0.062	-0.069	-0.053	-0.068	-0.042
98 días	secado	-0.077	-0.070	-0.063	-0.071	-0.054	-0.069	-0.043
105 días	secado	-0.078	-0.072	-0.064	-0.072	-0.055	-0.071	-0.044

Las características de las mezclas, así como los valores de cada medición semanal de las tres muestras para el ensayo ASTM C157 se muestran a detalle en las siguientes páginas.

Osmar Valverde
Product Engineer TM Concrete

Felipe Chang
Gerente BU Concrete

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 2/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
					Cemento I - Nac :	300 kg
Muestra : Patrón A/C=0.60 - 2%	Slump Inicial :	8	pulg	Tipo: A. Grueso H57	Agua :	180 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	28	°C	TM: 1"	A. Fino :	45 %
Fecha Mezcla : 20-Jul-21	T° Ambiente :	26.5	°C		A. Grueso H57 :	55 %
Hora Inicio : 17:00	HR	77	%		Sikament TM-100	0.9 kg
Responsable : Marco Leonardo					Plastiment-70 PE :	1.50 kg
					Sika Control N5 : -	kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
fecha de moldeo:	20-Jul-21		identificación		
N° de especimenes	3	G	muestra 1	mustra 2	muestra 3
tamaño especimen	100 mm x100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Días Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
14 horas	0.5	7/21/2021	curado	23	50	3.495	1	1.218	-2.277	0.000	0.000
						3.494	2	1.120	-2.374	0.000	
						3.494	3	1.858	-1.6380	0.000	
1 día	1	7/21/2021	curado	23	50	3.794	1	1.525	-2.269	0.003	0.001
						3.794	2	1.418	-2.376	-0.001	
						3.795	3	2.162	-1.633	0.001	
7 días	7	7/27/2021	curado	23	50	3.768	1	1.484	-2.284	-0.003	-0.002
						3.770	2	1.388	-2.382	-0.003	
						3.77	3	2.132	-1.638	-0.001	
14 días	14	8/3/2021	curado	23	50	3.658	1	1.370	-2.288	-0.004	-0.004
						3.658	2	1.272	-2.384	-0.004	
						3.655	3	2.010	-1.646	-0.004	
21 días	21	8/10/2021	secado	23	50	3.56	4	1.334	-2.326	-0.020	-0.021
						3.660	5	1.234	-2.426	-0.021	
						3.56	6	1.970	-1.690	-0.022	
28 días	28	8/17/2021	secado	23	50	3.782	1	1.429	-2.350	-0.032	-0.034
						3.784	2	1.324	-2.460	-0.034	
						3.784	3	2.058	-1.726	-0.036	
35 días	35	8/24/2021	secado	23	50	3.765	1	1.394	-2.372	-0.038	-0.040
						3.768	2	1.294	-2.472	-0.039	
						3.769	3	2.029	-1.740	-0.042	
42 días	42	8/31/2021	secado	23	50	3.742	4	1.354	-2.388	-0.044	-0.046
						3.742	5	1.254	-2.488	-0.046	
						3.742	6	1.988	-1.754	-0.047	
49 días	49	9/7/2021	secado	23	50	3.722	4	1.320	-2.402	-0.050	-0.051
						3.722	5	1.222	-2.500	-0.050	
						3.722	6	1.952	-1.770	-0.054	
56 días	56	9/14/2021	secado	23	50	3.748	1	1.328	-2.420	-0.057	-0.059
						3.748	2	1.228	-2.520	-0.058	
						3.749	3	1.960	-1.788	-0.061	
63 días	63	9/21/2021	secado	23	50	3.718	1	1.290	-2.428	-0.060	-0.062
						3.718	2	1.188	-2.530	-0.062	
						3.719	3	1.922	-1.796	-0.064	
70 días	70	9/28/2021	secado	23	50	3.71	1	1.272	-2.438	-0.064	-0.066
						3.710	2	1.170	-2.540	-0.066	
						3.71	3	1.908	-1.802	-0.065	
77 días	77	10/5/2021	secado	23	50	3.784	1	1.336	-2.448	-0.068	-0.066
						3.782	2	1.238	-2.544	-0.068	
						3.775	3	1.970	-1.805	-0.068	
84 días	84	10/12/2021	secado	23	50	3.700	1	1.252	-2.448	-0.068	-0.068
						3.700	2	1.156	-2.544	-0.068	
						3.700	3	1.892	-1.808	-0.069	
91 días	91	10/19/2021	secado	23	50	3.550	1	1.102	-2.448	-0.068	-0.069
						3.550	2	1.008	-2.542	-0.067	
						3.550	3	1.738	-1.812	-0.070	
98 días	98	10/28/2021	secado	23	50	3.302	1	0.852	-2.450	-0.069	-0.070
						3.302	2	0.756	-2.546	-0.069	
						3.302	3	1.486	-1.816	-0.072	
105 días	105	11/2/2021	secado	23	50	3.578	1	1.122	-2.454	-0.071	-0.072
						3.578	2	1.024	-2.552	-0.071	
						3.575	3	1.758	-1.818	-0.073	

SIKA PERU S.A.C.
Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 3/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra : SIKA NS 2% - A/C=0.60	Slump Inicial :	8	pulg	Tipo: A. Grueso H57	Cemento I - Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	23	°C	TM: 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 20-Jul-21	T° Ambiente :	25.5	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 16:00	HR:	77	%		A. Grueso H57 :	55 %
Responsable : Mario Leonardo					Sikament TM-100	0.9 kg
					Plastiment-70 PE :	1.50 kg
					Sika Control NS :	6 kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de Moldeo:	20-Jul-21		identificación		
N° de Especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño Especimen	100 mm x100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	7/21/2021	curado	23	50	3.494	1	1.812	-1.682	0.000	0.000
						3.494	2	1.666	-1.828	0.000	
						3.494	3	1.992	-1.502	[illegible]	
1 día	1	7/21/2021	curado	23	50	3.796	1	2.12	-1.676	0.002	0.002
						3.796	2	1.974	-1.822	0.002	
						3.794	3	2.194	-1.61	[illegible]	
7 días	7	7/27/2021	curado	23	50	3.768	1	2.084	-1.684	-0.001	-0.001
						3.768	2	1.948	-1.83	-0.001	
						3.768	3	2.144	-1.624	[illegible]	
14 días	14	8/3/2021	curado	23	50	3.656	1	1.972	-1.684	-0.001	-0.001
						3.656	2	1.826	-1.83	-0.001	
						3.656	3	2.032	-1.624	[illegible]	
21 días	21	8/10/2021	secado	23	50	3.66	1	1.932	-1.728	-0.018	-0.018
						3.660	2	1.788	-1.872	-0.018	
						3.66	3	1.996	-1.664	[illegible]	
28 días	28	8/17/2021	secado	23	50	3.782	1	2.02	-1.762	-0.032	-0.030
						3.782	2	1.884	-1.898	-0.028	
						3.782	3	2.082	-1.7	[illegible]	
35 días	35	8/24/2021	secado	23	50	3.766	1	1.992	-1.774	-0.037	-0.036
						3.766	2	1.852	-1.914	-0.034	
						3.766	3	2.056	-1.71	[illegible]	
42 días	42	8/31/2021	secado	23	50	3.738	1	1.95	-1.788	-0.042	-0.041
						3.738	2	1.81	-1.928	-0.040	
						3.738	3	2.016	-1.722	[illegible]	
49 días	49	9/7/2021	secado	23	50	3.722	4	1.918	-1.804	-0.049	-0.049
						3.722	5	1.778	-1.944	-0.046	
						3.722	6	1.986	-1.736	[illegible]	
56 días	56	9/14/2021	secado	23	50	3.748	1	1.93	-1.818	-0.054	-0.053
						3.748	2	1.79	-1.958	-0.052	
						3.748	3	1.988	-1.76	[illegible]	
63 días	63	9/21/2021	secado	23	50	3.718	1	1.89	-1.828	-0.058	-0.057
						3.718	2	1.752	-1.966	-0.055	
						3.718	3	1.96	-1.758	[illegible]	
70 días	70	9/28/2021	secado	23	50	3.71	1	1.876	-1.834	-0.061	-0.060
						3.710	2	1.736	-1.974	-0.058	
						3.71	3	1.940	-1.774	[illegible]	
77 días	77	10/5/2021	secado	23	50	3.786	1	1.95	-1.836	-0.062	-0.061
						3.786	2	1.806	-1.98	-0.061	
						3.786	3	2	-1.786	[illegible]	
84 días	84	10/12/2021	secado	23	50	3.700	1	1.862	-1.838	-0.063	-0.062
						3.700	2	1.716	-1.982	-0.062	
						3.700	3	1.916	-1.784	[illegible]	
91 días	91	10/19/2021	secado	23	50	3.550	1	1.71	-1.84	-0.063	-0.062
						3.550	2	1.57	-1.98	-0.061	
						3.550	3	1.742	-1.808	[illegible]	
98 días	98	10/26/2021	secado	23	50	3.302	1	1.456	-1.844	-0.065	-0.063
						3.302	2	1.32	-1.982	-0.062	
						3.302	3	1.520	-1.782	[illegible]	
105 días	105	11/2/2021	secado	23	50	3.576	1	1.73	-1.846	-0.066	-0.064
						3.576	2	1.59	-1.986	-0.063	
						3.576	3	1.784	-1.792	[illegible]	

Nota: Los valores pintados en rojo no fueron considerados para el cálculo del promedio

BUILDING TRUST

PAGES 4/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACIÓN	
Muestra : Patrón A/C=0.60 - 4.5%	Slump inicial :	6	pulg	Tipo: A. Grueso I57	Cemento I - Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	28	°C	TM : 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 21-Jul-21	T° Ambiente :	25.5	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 10:00	HR :	77	%		A. Grueso I57 :	55 %
Responsable : Marco Tecnirado					Sika Viscocrete-10 PE :	0.9 kg
					Sika Control N5 : -	1.80 kg
					Sika Control N5 : -	kg

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
fecha de moldeo:	21-Jul-21		Identificación		
N° de especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
tamaño especimen	100 mm x100 mm x285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8429	9.8429	9.8429

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Días Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Li	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	7/21/2021	curado	23	90	3.369	1	1.216	-2.353	0.000	0.000
						3.369	2	1.317	-2.217	0.000	
						3.369	3	1.709	-1.7609	0.000	
1 día	1	7/22/2021	curado	23	90	3.75	1	1.394	-2.356	-0.001	-0.001
						3.750	2	1.53	-2.22	-0.001	
						3.75	3	1.962	-1.788	0.000	
7 días	7	7/28/2021	curado	23	90	3.768	1	1.408	-2.360	-0.003	-0.002
						3.768	2	1.546	-2.222	-0.002	
						3.768	3	1.974	-1.794	-0.002	
14 días	14	8/4/2021	curado	23	90	3.612	1	1.276	-2.364	-0.004	-0.003
						3.612	2	1.422	-2.220	-0.001	
						3.612	3	1.846	-1.794	-0.002	
21 días	21	8/11/2021	secado	23	90	3.938	1	1.138	-2.406	-0.022	-0.022
						3.938	2	1.266	-2.272	-0.022	
						3.938	3	1.693	-1.845	-0.022	
28 días	28	8/18/2021	secado	23	90	3.776	1	1.336	-2.440	-0.035	-0.036
						3.776	2	1.472	-2.304	-0.035	
						3.776	3	1.902	-1.874	-0.034	
35 días	35	8/25/2021	secado	23	90	3.77	1	1.314	-2.456	-0.041	-0.041
						3.770	2	1.452	-2.318	-0.040	
						3.77	3	1.878	-1.892	-0.042	
42 días	42	9/1/2021	secado	23	90	3.75	1	1.276	-2.474	-0.048	-0.048
						3.75	2	1.414	-2.336	-0.048	
						3.75	3	1.844	-1.906	-0.047	
49 días	49	9/8/2021	secado	23	90	3.748	1	1.260	-2.488	-0.054	-0.055
						3.748	2	1.394	-2.354	-0.055	
						3.748	3	1.822	-1.926	-0.055	
56 días	56	9/15/2021	secado	23	90	3.774	1	1.276	-2.498	-0.058	-0.060
						3.774	2	1.404	-2.370	-0.061	
						3.774	3	1.832	-1.942	-0.062	
63 días	63	9/22/2021	secado	23	90	3.718	1	1.212	-2.506	-0.061	-0.063
						3.718	2	1.340	-2.378	-0.064	
						3.718	3	1.770	-1.948	-0.064	
70 días	70	9/29/2021	secado	23	90	3.734	1	1.242	-2.512	-0.064	-0.066
						3.734	2	1.372	-2.362	-0.066	
						3.734	3	1.798	-1.936	-0.067	
77 días	77	10/6/2021	secado	23	90	3.368	1	0.890	-2.518	-0.066	-0.067
						3.368	2	0.984	-2.384	-0.067	
						3.368	3	1.408	-1.960	-0.069	
84 días	84	10/13/2021	secado	23	90	3.740	1	1.220	-2.520	-0.067	-0.068
						3.740	2	1.334	-2.386	-0.068	
						3.740	3	1.780	-1.960	-0.069	
91 días	91	10/20/2021	secado	23	90	3.486	1	0.960	-2.526	-0.069	-0.069
						3.486	2	1.096	-2.388	-0.068	
						3.486	3	1.526	-1.960	-0.069	
98 días	98	10/27/2021	secado	23	90	3.302	1	0.772	-2.530	-0.071	-0.071
						3.302	2	0.910	-2.392	-0.070	
						3.302	3	1.336	-1.966	-0.071	
105 días	105	11/3/2021	secado	23	90	3.376	1	1.040	-2.336	-0.070	-0.072
						3.376	2	1.182	-2.394	-0.071	
						3.376	3	1.610	-1.966	-0.071	

BUILDING TRUST

PAGES 5/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
					Cemento I - Nac :	360 kg
Muestra : Sika 4.5% - a/c=0.60	Slump Inicial :	8	pulg	Tipo: A. Grueso IST	Agua :	180 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	28	°C	TM: 1"	A. Fino :	45 %
Fecha Mezcla : 21-Jul-21	T° Ambiente :	25.5	°C		A. Grueso IST :	55 %
Hora Inicio : 17:00:00 PM	HR :	77	%		Sikament TM-100	0.9 kg
Responsable : Marco Leonardo					Plastiment 70 PE :	1.80 kg
					Sika Control NS :	13.5 kg

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de Moldeo:	21-Jul-21		Identificación		
N° de Especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño Especimen	100 mm x100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	9/1/2021	curado	23	50	3.570	1	2.185	-1.385	0.000	0.000
						3.570	2	1.732	-1.838	0.000	
						3.568	3	3.402	-0.166	0.000	
1 día	1	7/22/2021	curado	23	50	3.749	1	2.282	-1.467	0.067	0.006
						3.748	2	1.922	-1.826	0.065	
						3.768	3	3.594	-0.174	0.065	
7 días	7	7/28/2021	curado	23	50	3.769	1	2.394	-1.375	0.064	0.004
						3.768	2	1.94	-1.828	0.064	
						3.768	3	3.612	-0.156	0.064	
14 días	14	8/4/2021	curado	23	50	3.642	1	2.27	-1.372	0.0032	0.005
						3.642	2	1.818	-1.824	0.0056	
						3.642	3	3.488	-0.154	0.0048	
21 días	21	8/11/2021	secado	23	50	3.538	1	2.122	-1.416	-0.012	-0.012
						3.538	2	1.666	-1.87	-0.013	
						3.538	3	3.342	-0.196	-0.012	
28 días	28	8/18/2021	secado	23	50	3.776	1	2.336	-1.44	-0.022	-0.023
						3.776	2	1.88	-1.896	-0.023	
						3.776	3	3.552	-0.224	-0.023	
35 días	35	8/25/2021	secado	23	50	3.770	1	2.312	-1.458	-0.029	-0.030
						3.770	2	1.856	-1.914	-0.030	
						3.770	3	3.530	-0.24	-0.030	
42 días	42	9/1/2021	secado	23	50	3.748	1	2.272	-1.476	-0.036	-0.036
						3.748	2	1.82	-1.928	-0.036	
						3.748	3	3.492	-0.256	-0.036	
49 días	49	9/8/2021	secado	23	50	3.748	1	2.254	-1.494	-0.044	-0.042
						3.748	2	1.808	-1.94	-0.041	
						3.748	3	3.476	-0.27	-0.042	
56 días	56	9/15/2021	secado	23	50	3.774	1	2.264	-1.51	-0.050	-0.047
						3.774	2	1.82	-1.954	-0.046	
						3.774	3	3.494	-0.28	-0.046	
63 días	63	9/22/2021	secado	23	50	3.718	1	2.202	-1.516	-0.052	-0.050
						3.718	2	1.764	-1.954	-0.050	
						3.718	3	3.434	-0.284	-0.047	
70 días	70	9/29/2021	secado	23	50	3.754	1	2.234	-1.52	-0.054	-0.051
						3.754	2	1.798	-1.956	-0.051	
						3.754	3	3.466	-0.288	-0.049	
77 días	77	10/6/2021	secado	23	50	3.368	1	1.848	-1.52	-0.054	-0.052
						3.368	2	1.404	-1.964	-0.050	
						3.368	3	3.076	-0.292	-0.050	
84 días	84	10/13/2021	secado	23	50	3.740	1	2.22	-1.52	-0.054	-0.052
						3.740	2	1.772	-1.968	-0.052	
						3.740	3	3.45	-0.29	-0.050	
91 días	91	10/20/2021	secado	23	50	3.486	1	1.966	-1.52	-0.054	-0.053
						3.486	2	1.516	-1.97	-0.053	
						3.486	3	3.192	-0.294	-0.051	
98 días	98	10/27/2021	secado	23	50	3.302	1	1.78	-1.522	-0.055	-0.054
						3.302	2	1.33	-1.972	-0.054	
						3.302	3	3.004	-0.298	-0.053	
105 días	105	11/3/2021	secado	23	50	3.576	1	2.054	-1.522	-0.055	-0.055
						3.576	2	1.6	-1.976	-0.055	
						3.576	3	3.276	-0.3	-0.054	

BUILDING TRUST

PAGES 6/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra : Patrón A/C=0.60 - 7%	Slump Inicial :	6	pulg	Tipo : A. Grueso I67	Cemento I - Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T°Concreto :	26	°C	TM : 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 2-Aug-21	T° Ambiente :	25.5	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 17:00	HR :	77	%		A. Grueso I67 :	55 %
Responsable : Marco leonardo					Sika Intro TM 100	0.9 kg
					Sika Intro TM 70 PE :	1.50 kg
					Sika Control NS :	kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de moldeo:	2-Aug-21		Identificación		
N° de especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño especimen	100 mm x100 mm x285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	8/2/2021	curado	23	50	3.810	1	3.498	-0.312	0.000	0.000
						3.810	2	1.368	-2.442	0.000	
						3.804	3	1.342	-2.2620	0.000	
1 dia	1	8/3/2021	curado	23	50	3.652	1	3.308	-0.344	0.000	0.002
						3.656	2	1.208	-2.448	0.002	
						3.653	3	1.358	-2.279	0.001	
7 dias	7	8/8/2021	curado	23	50	3.676	1	3.37	-0.306	-0.002	-0.001
						3.676	2	1.224	-2.452	0.000	
						3.670	3	1.41	-2.260	-0.002	
14 dias	14	8/15/2021	curado	23	50	3.764	1	3.416	-0.348	0.002	-0.002
						3.764	2	1.304	-2.460	-0.003	
						3.764	3	1.494	-2.270	-0.003	
21 dias	21	8/23/2021	secado	23	50	3.712	1	3.316	-0.396	-0.018	-0.021
						3.712	2	1.206	-2.506	-0.022	
						3.700	3	1.300	-2.400	-0.020	
28 dias	28	8/30/2021	secado	23	50	3.608	1	3.182	-0.426	-0.030	-0.032
						3.608	2	1.076	-2.532	-0.032	
						3.608	3	1.260	-2.348	-0.034	
35 dias	35	9/6/2021	secado	23	50	3.710	1	3.260	-0.450	-0.039	-0.040
						3.710	2	1.160	-2.550	-0.039	
						3.710	3	1.344	-2.366	-0.042	
42 dias	42	9/13/2021	secado	23	50	3.734	1	3.268	-0.466	-0.046	-0.048
						3.756	2	1.182	-2.574	-0.049	
						3.756	3	1.368	-2.388	-0.050	
49 dias	49	9/20/2021	secado	23	50	3.716	1	3.234	-0.482	-0.052	-0.054
						3.716	2	1.130	-2.586	-0.054	
						3.716	3	1.316	-2.400	-0.056	
56 dias	56	9/27/2021	secado	23	50	3.754	1	3.258	-0.496	-0.054	-0.056
						3.754	2	1.160	-2.594	-0.057	
						3.754	3	1.346	-2.408	-0.058	
63 dias	63	10/4/2021	secado	23	50	3.416	1	2.920	-0.496	-0.058	-0.059
						3.416	2	0.818	-2.598	-0.058	
						3.416	3	1.002	-2.414	-0.061	
70 dias	70	10/11/2021	secado	23	50	3.740	1	3.234	-0.506	-0.062	-0.063
						3.740	2	1.130	-2.610	-0.063	
						3.740	3	1.318	-2.422	-0.064	
77 dias	77	10/18/2021	secado	23	50	3.482	1	2.972	-0.510	-0.063	-0.065
						3.482	2	0.868	-2.614	-0.069	
						3.482	3	1.056	-2.426	-0.066	
84 dias	84	10/25/2021	secado	23	50	3.666	1	3.152	-0.514	-0.069	-0.067
						3.666	2	1.046	-2.620	-0.067	
						3.666	3	1.234	-2.432	-0.068	
91 dias	91	11/1/2021	secado	23	50	3.302	1	2.782	-0.520	-0.067	-0.068
						3.302	2	0.902	-2.620	-0.067	
						3.302	3	0.868	-2.434	-0.069	
98 dias	98	11/8/2021	secado	23	50	3.572	1	3.048	-0.524	-0.069	-0.069
						3.572	2	0.948	-2.624	-0.069	
						3.572	3	1.138	-2.434	-0.069	
105 dias	105	11/15/2021	secado	23	50	3.596	1	3.028	-0.568	-0.070	-0.071
						3.596	2	0.926	-2.670	-0.071	
						3.596	3	1.116	-2.480	-0.071	

SIKA PERU S.A.C.
Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 7/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra : SIKA 5% - A/C=0.60	Slump inicial :	8	pulg	Tipo: A. Grueso N57	Cemento I - Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	28	°C	TM : 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 2-Aug-21	T° Ambiente :	25.5	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 16:00	HR :	77	%		A. Grueso N57 :	55 %
Responsable : Marco Leonardo					Sika Cemento N-100	0.9 kg
					Aditivo Sika Fibra RF :	1.50 kg
					Sika Control N5 :	2.1 kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de Moldeo:	2-Aug-21		Identificación		
N°de Especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño Especimen	100 mm x100 mm x285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	8/3/2021	curado	23	50	3.814	1	1.234	-2.36	0.000	0.000
						3.814	2	1.170	-2.544	0.000	
						3.814	3	1.844	-2.270	0.000	
1 dia	1	8/3/2021	curado	23	50	3.662	1	1.092	-2.36	0.006	0.0083
						3.662	2	1.03	-2.62	0.010	
						3.662	3	1.402	-2.25	0.006	
7 dias	7	8/9/2021	curado	23	50	3.676	1	1.114	-2.562	0.007	0.0069
						3.676	2	1.052	-2.624	0.008	
						3.676	3	1.42	-2.256	0.006	
14 dias	14	8/16/2021	curado	23	50	3.764	1	1.224	-2.36	0.006	0.008
						3.762	2	1.15	-2.522	0.009	
						3.762	3	1.59	-2.282	0.007	
21 dias	21	8/23/2021	secado	23	50	3.704	1	1.102	-2.602	-0.009	-0.009
						3.704	2	1.04	-2.664	-0.008	
						3.704	3	1.41	-2.294	-0.010	
28 dias	28	8/30/2021	secado	23	50	3.608	1	0.982	-2.626	-0.016	-0.018
						3.608	2	0.924	-2.684	-0.016	
						3.608	3	1.292	-2.316	-0.016	
35 dias	35	9/6/2021	secado	23	50	3.71	1	1.07	-2.64	-0.024	-0.023
						3.710	2	1.01	-2.7	-0.022	
						3.71	3	1.384	-2.326	-0.023	
42 dias	42	9/13/2021	secado	23	50	3.756	1	1.102	-2.654	-0.030	-0.029
						3.756	2	1.042	-2.714	-0.028	
						3.756	3	1.412	-2.344	-0.030	
49 dias	49	9/20/2021	secado	23	50	3.712	1	1.044	-2.668	-0.035	-0.034
						3.712	2	0.988	-2.724	-0.032	
						3.712	3	1.356	-2.356	-0.034	
56 dias	56	9/27/2021	secado	23	50	3.754	1	1.076	-2.678	-0.039	-0.037
						3.754	2	1.022	-2.732	-0.035	
						3.754	3	1.392	-2.362	-0.037	
63 dias	63	10/4/2021	secado	23	50	3.416	1	0.734	-2.682	-0.041	-0.039
						3.416	2	0.68	-2.736	-0.037	
						3.416	3	1.046	-2.37	-0.040	
70 dias	70	10/11/2021	secado	23	50	3.740	1	1.054	-2.686	-0.042	-0.041
						3.740	2	1.002	-2.738	-0.038	
						3.740	3	1.366	-2.374	-0.042	
77 dias	77	10/18/2021	secado	23	50	3.482	1	0.792	-2.69	-0.044	-0.041
						3.482	2	0.746	-2.736	-0.037	
						3.482	3	1.106	-2.374	-0.042	
84 dias	84	10/25/2021	secado	23	50	3.670	1	0.982	-2.688	-0.043	-0.043
						3.670	2	0.928	-2.742	-0.039	
						3.670	3	1.294	-2.376	-0.042	
91 dias	91	11/1/2021	secado	23	50	3.302	1	0.614	-2.688	-0.043	-0.042
						3.302	2	0.558	-2.744	-0.040	
						3.302	3	0.924	-2.376	-0.043	
98 dias	98	11/8/2021	secado	23	50	3.372	1	0.882	-2.69	-0.044	-0.043
						3.372	2	0.826	-2.746	-0.041	
						3.372	3	1.19	-2.382	-0.043	
105 dias	105	11/15/2021	secado	23	50	3.356	1	0.864	-2.692	-0.045	-0.044
						3.356	2	0.808	-2.748	-0.042	
						3.356	3	1.172	-2.384	-0.046	

ENSAYO ASTM C157

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	1/8	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

Estimado Marco:

Las mediciones del cambio de longitud de acuerdo a la norma ASTM C157 realizadas en nuestro laboratorio de ensayo de Materiales (LEM) para las mezclas de concreto cemento tipo HS - Nacional y aditivo sika control NS (SK NS) se muestran en promedio en el siguiente cuadro:

Edad de ensayo	Condición	% cambio de longitud para mezclas de concreto con cemento tipo HS y SK NS						
		Diseño 0.65 -HS	Patrón 2% - HS	SK NS 2% -HS	Patrón 4.5% - HS	SK NS 4.5% -HS	PATRÓN 7% - HS	SK NS 7% - HS
14 horas	curado	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 día	curado	0.003	0.003	0.003	0.002	0.005	0.003	0.008
7 días	curado	0.004	0.004	0.006	0.005	0.009	0.004	0.012
14 días	curado	0.003	0.002	0.004	0.003	0.009	0.003	0.014
21 días	secado	-0.019	-0.016	-0.013	-0.016	-0.008	-0.015	-0.004
28 días	secado	-0.033	-0.028	-0.023	-0.030	-0.019	-0.027	-0.013
35 días	secado	-0.042	-0.035	-0.031	-0.037	-0.026	-0.038	-0.019
42 días	secado	-0.048	-0.042	-0.038	-0.041	-0.031	-0.043	-0.024
49 días	secado	-0.051	-0.045	-0.042	-0.045	-0.035	-0.047	-0.029
56 días	secado	-0.054	-0.046	-0.043	-0.048	-0.037	-0.049	-0.031
63 días	secado	-0.055	-0.047	-0.043	-0.049	-0.037	-0.050	-0.032
70 días	secado	-0.055	-0.048	-0.043	-0.049	-0.038	-0.051	-0.033
77 días	secado	-0.056	-0.049	-0.045	-0.049	-0.039	-0.050	-0.035
84 días	secado	-0.057	-0.050	-0.046	-0.050	-0.040	-0.051	-0.036
91 días	secado	-0.058	-0.051	-0.047	-0.051	-0.042	-0.052	-0.038
98 días	secado	-0.059	-0.053	-0.049	-0.052	-0.043	-0.054	-0.039
105 días	secado	-0.059	-0.054	-0.050	-0.053	-0.044	-0.054	-0.040

Las características de las mezclas, así como los valores de cada medición semanal de las tres muestras para el ensayo ASTM C157 se muestran a detalle en las siguientes páginas.

Osmar Valverde
Product Engineer TM Concrete

Felipe Chang
Gerente BU Concrete

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 2/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra : PATRÓN 2% - A/Ca=0.60- 45	Slump inicial :	8	pulg	Tipo: A. Grueso IST	Cemento IP- Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	20.8	°C	TM: 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 23-Aug-21	T° Ambiente :	25.5	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 10:00	HR:	77	%		A. Grueso IST :	55 %
Responsable : Mario Leonardo					Sikamentum-100	0.9 kg
					Sikamentum 70 FC :	1.80 kg
					Sika Control NS :	kg

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de moldeo:	23-Aug-21		Identificación		
N°de especimenes	3	G	muestra1	muestra 2	muestra3
tamaño especimen	100 mm x100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pug	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	condicion	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
14 horas	0.5	8/24/2021	curado	23	50	3738	1	1978	-1.76	0.000	0.000
						3738	2	1938	-3.21	0.000	
						3738	3	1385	-2.3520	0.000	
1 dia	1	8/24/2021	curado	23	50	3768	1	2012	-1.736	0.002	0.003
						3768	2	1586	-2.202	0.003	
						3768	3	1420	-2.342	0.004	
7 dias	7	8/30/2021	curado	23	50	3486	1	1736	-1.752	0.003	0.004
						3486	2	1286	-2.200	0.004	
						3482	3	1.14	-2.342	0.004	
14 dias	14	9/6/2021	curado	23	50	3606	1	1630	-1.736	0.001	0.002
						3606	2	1406	-2.202	0.003	
						3606	3	1262	-2.346	0.002	
21 dias	21	9/13/2021	secado	23	50	3748	1	1948	-1.600	-0.016	-0.015
						3748	2	1498	-2.250	-0.016	
						3748	3	1338	-2.390	-0.015	
28 dias	28	9/20/2021	secado	23	50	3766	1	1906	-1.630	-0.020	-0.028
						3766	2	1484	-2.282	-0.029	
						3766	3	1.346	-2.420	-0.027	
35 dias	35	9/27/2021	secado	23	50	3.76	1	1914	-1.846	-0.034	-0.035
						3760	2	1460	-2.300	-0.036	
						3.76	3	1322	-2.438	-0.034	
42 dias	42	10/4/2021	secado	23	50	3726	1	1862	-1.864	-0.042	-0.042
						3726	2	1466	-2.316	-0.043	
						3726	3	1232	-2.454	-0.041	
49 dias	49	10/11/2021	secado	23	50	3754	1	1882	-1.872	-0.045	-0.043
						3754	2	1426	-2.326	-0.047	
						3754	3	1292	-2.462	-0.044	
56 dias	56	10/18/2021	secado	23	50	3482	1	1668	-1.874	-0.046	-0.045
						3482	2	1132	-2.330	-0.045	
						3482	3	1016	-2.466	-0.046	
63 dias	63	10/25/2021	secado	23	50	3666	1	1792	-1.874	-0.046	-0.047
						3666	2	1330	-2.336	-0.050	
						3666	3	1200	-2.466	-0.045	
70 dias	70	11/1/2021	secado	23	50	3302	1	1436	-1.876	-0.046	-0.048
						3302	2	0966	-2.336	-0.050	
						3302	3	0834	-2.468	-0.046	
77 dias	77	11/8/2021	secado	23	50	3586	1	1768	-1.878	-0.047	-0.049
						3586	2	1286	-2.340	-0.052	
						3586	3	1110	-2.470	-0.047	
84 dias	84	11/15/2021	secado	23	50	3556	1	1676	-1.880	-0.048	-0.050
						3556	2	1216	-2.340	-0.052	
						3556	3	1082	-2.474	-0.049	
91 dias	91	11/22/2021	secado	23	50	3420	1	1536	-1.884	-0.050	-0.051
						3420	2	1076	-2.344	-0.054	
						3420	3	0946	-2.474	-0.049	
98 dias	98	11/29/2021	secado	23	50	3286	1	1396	-1.886	-0.051	-0.053
						3286	2	0936	-2.350	-0.056	
						3286	3	0806	-2.480	-0.051	
105 dias	105	12/6/2021	secado	23	50	3594	1	1764	-1.890	-0.052	-0.054
						3594	2	1244	-2.350	-0.056	
						3594	3	1110	-2.484	-0.053	

SIKA PERU S.A.C.
Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 3/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	AGREGADOS	DOSIFICACION
Muestra : SIKA 25k - A/Cm 60 - Hs	Slump Inicial : 8 pulg	Tipo : A. Grueso IST	Cemento HR - Nac : 300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto : 21.5 °C	TM : 1"	Agua : 180 kg
Fecha Mezcla : 23-Aug-21	T° Ambiente : 23.0 °C		A. Fino : 45 %
Hora Inicio : 16:00	HR : 77 %		A. Grueso IST : 55 %
Responsable : Marco Leonardo			Sika Mant TM-100 : 0.9 kg
			Rodimant 70 PI : 1.50 kg
			Sika Control HE : 6 kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de Moldeo:	23-Aug-21		Identificación		
N° de Especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño Especimen	100 mm x100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condicion	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
16 horas	0.5	8/24/2021	curado	23	50	3.754	1	0.998	-2.756	0.000	0.000
						3.754	2	2.160	-1.594	0.000	
						3.754	3	3.316	-0.438	0.000	
1 dia	1	8/24/2021	curado	23	50	3.765	1	1.02	-2.745	0.004	0.0035
						3.765	2	2.182	-1.583	0.004	
						3.765	3	3.334	-0.431	0.002	
7 dias	7	8/30/2021	curado	23	50	3.532	1	0.992	-2.74	0.006	0.0039
						3.532	2	2.092	-1.58	0.006	
						3.532	3	3.208	-0.424	0.006	
14 dias	14	9/6/2021	curado	23	50	3.605	1	0.962	-2.744	0.003	0.004
						3.605	2	2.024	-1.582	0.003	
						3.605	3	3.276	-0.93	0.003	
21 dias	21	9/13/2021	secado	23	50	3.748	1	0.962	-2.786	-0.012	-0.013
						3.748	2	2.126	-1.622	-0.011	
						3.748	3	3.274	-0.474	-0.014	
28 dias	28	9/20/2021	secado	23	50	3.77	1	0.96	-2.81	-0.022	-0.023
						3.765	2	2.114	-1.651	-0.024	
						3.77	3	2.77	-1	-0.025	
35 dias	35	9/27/2021	secado	23	50	3.76	1	0.928	-2.832	-0.030	-0.031
						3.760	2	2.086	-1.674	-0.032	
						3.76	3	2.742	-1.018	-0.032	
42 dias	42	10/4/2021	secado	23	50	3.725	1	0.878	-2.846	-0.037	-0.035
						3.725	2	2.034	-1.692	-0.039	
						3.725	3	2.696	-1.03	-0.037	
49 dias	49	10/11/2021	secado	23	50	3.754	1	0.896	-2.858	-0.041	-0.042
						3.754	2	2.052	-1.702	-0.045	
						3.754	3	2.712	-1.042	-0.042	
56 dias	56	10/18/2021	secado	23	50	3.462	1	0.518	-2.944	-0.043	-0.043
						3.462	2	1.76	-1.702	-0.043	
						3.462	3	2.438	-1.044	-0.042	
63 dias	63	10/25/2021	secado	23	50	3.565	1	0.8	-2.866	-0.044	-0.043
						3.565	2	1.964	-1.702	-0.043	
						3.565	3	2.62	-1.046	-0.043	
70 dias	70	11/1/2021	secado	23	50	3.302	1	0.436	-2.866	-0.044	-0.043
						3.302	2	1.596	-1.706	-0.045	
						3.302	3	2.28	-1.042	-0.042	
77 dias	77	11/8/2021	secado	23	50	3.565	1	0.716	-2.57	-0.045	-0.045
						3.565	2	1.878	-1.708	-0.046	
						3.565	3	2.542	-1.044	-0.042	
84 dias	84	11/15/2021	secado	23	50	3.555	1	0.564	-2.872	-0.045	-0.045
						3.555	2	1.844	-1.710	-0.047	
						3.555	3	2.500	-1.046	-0.044	
91 dias	91	11/22/2021	secado	23	50	3.42	1	0.546	-2.874	-0.047	-0.047
						3.420	2	1.704	-1.716	-0.049	
						3.42	3	2.366	-1.054	-0.046	
98 dias	98	11/29/2021	secado	23	50	3.285	1	0.41	-2.876	-0.048	-0.049
						3.285	2	1.568	-1.718	-0.050	
						3.285	3	2.228	-1.058	-0.048	
105 dias	105	12/6/2021	secado	23	50	3.594	1	0.716	-2.878	-0.049	-0.050
						3.594	2	1.874	-1.72	-0.050	
						3.594	3	2.532	-1.062	-0.050	

SIKA PERU S.A.C.
Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 4/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra : PATRÓN 4.5% - A/C=0.60 - 4S	Slump inicial:	8	pulg	Tipo: A. Grueso 457	Cemento HE - Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	20.2	°C	TM: 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 17-Aug-21	T° Ambiente :	24.3	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 17:00	HR :	69	%		A. Grueso 457 :	55 %
Responsable : Marco Leonardo					Sika ref ASTM-100	0.9 kg
					Sika Retarder 70 FC :	1.50 kg
					Sika Control HE : -	kg

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de moldeo:	17-Aug-21		Identificación		
N° de especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño especimen	100 mm x 100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8429	9.8429	9.8429

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Días Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		LX	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	8/18/2021	curado	23	50	3.752	1	2.690	-1.102	0.000	0.000
						3.778	2	2.716	-1.062	0.000	
						3.798	3	1.722	-2.040	0.000	
1 día	1	8/18/2021	curado	23	50	3.778	1	2.694	-1.094	0.003	0.002
						3.778	2	2.724	-1.054	0.003	
						3.778	3	1.734	-2.044	0.001	
7 días	7	8/24/2021	curado	23	50	3.76	1	2.670	-1.090	0.005	0.003
						3.736	2	2.710	-1.046	0.006	
						3.736	3	1.720	-2.036	0.003	
14 días	14	8/31/2021	curado	23	50	3.736	1	2.664	-1.072	0.004	0.003
						3.736	2	2.700	-1.036	0.003	
						3.736	3	1.714	-2.042	0.002	
21 días	21	9/7/2021	secado	23	50	3.76	1	2.620	-1.140	-0.015	-0.016
						3.760	2	2.690	-1.100	-0.015	
						3.76	3	1.672	-2.088	-0.017	
28 días	28	9/14/2021	secado	23	50	3.770	1	2.594	-1.176	-0.030	-0.030
						3.770	2	2.640	-1.130	-0.027	
						3.77	3	1.644	-2.126	-0.032	
35 días	35	9/21/2021	secado	23	50	3.800	1	2.604	-1.196	-0.038	-0.037
						3.800	2	2.632	-1.168	-0.034	
						3.800	3	1.656	-2.144	-0.039	
42 días	42	9/28/2021	secado	23	50	3.796	1	2.590	-1.206	-0.042	-0.041
						3.796	2	2.596	-1.160	-0.039	
						3.796	3	1.602	-2.194	-0.043	
49 días	49	10/5/2021	secado	23	50	3.622	1	2.410	-1.212	-0.044	-0.045
						3.622	2	2.450	-1.172	-0.044	
						3.622	3	1.460	-2.162	-0.046	
56 días	56	10/12/2021	secado	23	50	3.698	1	2.394	-1.224	-0.049	-0.048
						3.698	2	2.428	-1.187	-0.047	
						3.698	3	1.440	-2.158	-0.049	
63 días	63	10/19/2021	secado	23	50	3.478	1	2.254	-1.224	-0.049	-0.049
						3.478	2	2.295	-1.183	-0.047	
						3.478	3	1.308	-2.170	-0.050	
70 días	70	10/26/2021	secado	23	50	3.696	1	2.442	-1.254	-0.049	-0.049
						3.696	2	2.490	-1.206	-0.046	
						3.696	3	1.490	-2.206	-0.052	
77 días	77	11/2/2021	secado	23	50	3.590	1	2.334	-1.256	-0.050	-0.049
						3.590	2	2.384	-1.206	-0.046	
						3.590	3	1.388	-2.202	-0.051	
84 días	84	11/9/2021	secado	23	50	3.274	1	2.044	-1.230	-0.051	-0.050
						3.274	2	2.090	-1.184	-0.049	
						3.274	3	1.100	-2.174	-0.051	
91 días	91	11/16/2021	secado	23	50	3.598	1	2.338	-1.260	-0.050	-0.051
						3.598	2	2.388	-1.210	-0.050	
						3.598	3	1.390	-2.208	-0.052	
98 días	98	11/23/2021	secado	23	50	3.604	1	2.374	-1.230	-0.051	-0.052
						3.604	2	2.414	-1.190	-0.051	
						3.604	3	1.426	-2.178	-0.053	
105 días	105	11/30/2021	secado	23	50	3.498	1	2.232	-1.266	-0.053	-0.053
						3.498	2	2.294	-1.192	-0.052	
						3.498	3	1.304	-2.192	-0.054	

SIKA PERU S.A.C.
Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 5/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra : SIKA 4.25k- A/C=0.69-HS	Slump Inicial :	6	pulg	Tipo: A.Grueso HS7	Cemento HS- Mac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	20.9	°C	TM: 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 17-Aug-21	T° Ambiente :	24.3	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 17:00	HR:	69	%		A.Grueso HS7:	55 %
Responsable : Marco Leonardo					Sika ment TM-100	0.9 kg
					Plastimento 70 FE:	1.50 kg
					Sika Control HS:	13.5 kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de Moldeo:	17-Aug-21		Identificación		
N° de Especimenes	3	G	muestra1	mustra2	muestra 3
Tamaño Especimen	100 mm x100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barrado referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	8/16/2021	curado	23	90	3.779	1	1.064	-2706	0.000	0.000
						3.779	2	1.442	-2328	0.000	
						3.77	3	1.020	-2730	0.000	
1 dia	1	8/16/2021	curado	23	90	3.778	1	1.086	-2692	0.006	0.0048
						3.778	2	1.462	-2316	0.005	
						3.779	3	1.036	-2.74	0.004	
7 dias	7	8/24/2021	curado	23	90	3.756	1	1.072	-2686	0.008	0.009
						3.756	2	1.456	-2302	0.010	
						3.756	3	1.028	-2.73	0.008	
14 dias	14	8/31/2021	curado	23	90	3.750	1	1.066	-2684	0.009	0.009
						3.750	2	1.45	-2.3	0.011	
						3.750	3	1.02	-2.73	0.008	
21 dias	21	9/7/2021	secado	23	90	3.76	1	1.034	-2726	-0.000	-0.008
						3.756	2	1.412	-2346	-0.007	
						3.756	3	0.986	-2772	-0.009	
28 dias	28	9/14/2021	secado	23	90	3.779	1	1.016	-2764	-0.010	-0.019
						3.779	2	1.398	-2374	-0.016	
						3.779	3	0.972	-2798	-0.019	
35 dias	35	9/21/2021	secado	23	90	3.600	1	0.928	-2772	-0.026	-0.026
						3.600	2	1.304	-2392	-0.026	
						3.600	3	0.882	-2818	-0.027	
42 dias	42	9/28/2021	secado	23	90	3.756	1	0.972	-2784	-0.031	-0.031
						3.756	2	1.352	-2404	-0.030	
						3.756	3	0.926	-2826	-0.031	
49 dias	49	10/5/2021	secado	23	90	3.598	1	0.804	-2794	-0.035	-0.035
						3.598	2	1.18	-2418	-0.036	
						3.598	3	0.762	-2836	-0.034	
56 dias	56	10/12/2021	secado	23	90	3.608	1	0.812	-2796	-0.036	-0.037
						3.608	2	1.186	-2422	-0.038	
						3.608	3	0.764	-2844	-0.036	
63 dias	63	10/19/2021	secado	23	90	3.475	1	0.652	-2798	-0.036	-0.037
						3.475	2	1.054	-2424	-0.038	
						3.475	3	0.634	-2844	-0.038	
70 dias	70	10/26/2021	secado	23	90	3.665	1	0.668	-2.8	-0.036	-0.038
						3.665	2	1.242	-2424	-0.038	
						3.665	3	0.818	-2848	-0.039	
77 dias	77	11/2/2021	secado	23	90	3.560	1	0.756	-2804	-0.039	-0.039
						3.560	2	1.134	-2426	-0.039	
						3.560	3	0.71	-2.85	-0.040	
84 dias	84	11/9/2021	secado	23	90	3.274	1	0.466	-2808	-0.041	-0.040
						3.274	2	0.846	-2426	-0.039	
						3.274	3	0.422	-2832	-0.041	
91 dias	91	11/16/2021	secado	23	90	3.604	1	0.792	-2812	-0.042	-0.042
						3.604	2	1.174	-2.43	-0.041	
						3.604	3	0.75	-2834	-0.042	
98 dias	98	11/23/2021	secado	23	90	3.604	1	0.786	-2818	-0.045	-0.043
						3.604	2	1.17	-2434	-0.042	
						3.604	3	0.75	-2834	-0.042	
105 dias	105	11/30/2021	secado	23	90	3.466	1	0.666	-2818	-0.045	-0.044
						3.466	2	1.08	-2436	-0.043	
						3.466	3	0.626	-2898	-0.040	

BUILDING TRUST

PAGES 6/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	AGREGADOS	DOSIFICACION
Muestra : PATRÓN 7% - A/C=0.60 - IS	Slump Inicial : 8 pulg	Tipo: A.Grueso NT	Cemento HS - Nac : 300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto : 19.8 °C	TM: 1"	Agua : 180 kg
Fecha mezcla : 16-Aug-21	T° Ambiente : 23.5 °C		A. Fino : 43 %
Hora inicio : 17:00	HR: 72 %		A. Grueso NT : 57 %
Responsable : Marco Leonardo			Sikament TM-500 : 0.9 kg
			Sikament-NF : 1.50 kg
			Sika Control NS : - kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de moldeo:	16-Aug-21		Identificación		
N° de especimenes	3	Φ	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Longitud especimen	100 mm x 100 mm x 203 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Días Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condición	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	8/17/2021	curado	23	50	3755	1	1.320	-2.430	0.000	0.000
						3742	2	2.252	-1.749	0.000	
						3764	3	1.840	-1.9740	0.000	
28 días	1	8/17/2021	curado	23	50	3764	1	1.368	-2.426	0.004	0.003
						3764	2	2.3	-1.454	0.002	
						3764	3	1.872	-1.912	0.003	
7 días	7	8/23/2021	curado	23	50	3748	1	1.324	-2.424	0.005	0.004
						3748	2	2.268	-1.46	0.004	
						3748	3	1.838	-1.91	0.006	
14 días	14	8/30/2021	curado	23	50	3.75	1	1.322	-2.428	0.003	0.003
						3750	2	2.268	-1.482	0.003	
						3748	3	1.832	-1.914	0.004	
21 días	21	9/6/2021	secado	23	50	3.76	1	1.288	-2.472	-0.014	-0.015
						3760	2	2.230	-1.530	-0.015	
						3.76	3	1.796	-1.964	-0.015	
28 días	28	9/13/2021	secado	23	50	3.75	1	1.252	-2.498	-0.025	-0.027
						3748	2	2.188	-1.590	-0.028	
						3.75	3	1.754	-1.996	-0.029	
35 días	35	9/20/2021	secado	23	50	3808	1	1.075	-2.592	-0.038	-0.038
						3808	2	2.015	-1.790	-0.040	
						3808	3	1.594	-2.014	-0.038	
42 días	42	9/27/2021	secado	23	50	3510	1	1.008	-2.364	-0.043	-0.043
						3510	2	2.008	-1.692	-0.045	
						3510	3	1.584	-2.026	-0.041	
49 días	49	10/4/2021	secado	23	50	3725	1	1.172	-2.394	-0.047	-0.047
						3725	2	2.115	-1.610	-0.046	
						3725	3	1.690	-2.035	-0.045	
56 días	56	10/11/2021	secado	23	50	3794	1	1.196	-2.398	-0.049	-0.049
						3794	2	2.135	-1.615	-0.051	
						3794	3	1.710	-2.044	-0.048	
63 días	63	10/18/2021	secado	23	50	3342	1	0.782	-2.560	-0.050	-0.050
						3342	2	1.720	-1.622	-0.050	
						3342	3	1.298	-2.044	-0.048	
70 días	70	10/25/2021	secado	23	50	3566	1	1.102	-2.564	-0.051	-0.051
						3566	2	2.044	-1.622	-0.053	
						3566	3	1.622	-2.044	-0.048	
77 días	77	11/1/2021	secado	23	50	3590	1	1.030	-2.560	-0.050	-0.050
						3590	2	1.964	-1.626	-0.054	
						3590	3	1.550	-2.040	-0.048	
84 días	84	11/8/2021	secado	23	50	3510	1	1.045	-2.564	-0.051	-0.051
						3510	2	1.982	-1.628	-0.055	
						3510	3	1.568	-2.042	-0.047	
91 días	91	11/15/2021	secado	23	50	3576	1	1.010	-2.566	-0.052	-0.052
						3576	2	1.948	-1.628	-0.055	
						3576	3	1.528	-2.048	-0.050	
98 días	98	11/22/2021	secado	23	50	3420	1	0.972	-2.568	-0.050	-0.054
						3420	2	1.788	-1.632	-0.057	
						3420	3	1.368	-2.052	-0.051	
105 días	105	11/29/2021	secado	23	50	3324	1	0.794	-2.570	-0.054	-0.054
						3324	2	1.692	-1.632	-0.057	
						3324	3	1.268	-2.056	-0.053	

SIKA PERU S.A.C.
Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

BUILDING TRUST

PAGES 7/8
DATE 15 de diciembre, 2021

Sika Perú SAC
Laboratorio de ensayo de materiales

ENSAYO DE CAMBIO DE LONGITUD EN EL CONCRETO
(ASTM C157 - NTP 334.165)

TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA	DATOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO			AGREGADOS	DOSIFICACION	
Muestra :	Slump Inicial :	8	pulg	Tipo: A. Grueso NT	Cemento HS - Nac :	300 kg
Procedencia : Laboratorio	T° Concreto :	20.5	°C	TM : 1"	Agua :	180 kg
Fecha Mezcla : 16-Aug-21	T° Ambiente :	23.6	°C		A. Fino :	45 %
Hora Inicio : 17:00	HR :	72	%		A. Grueso NT :	55 %
Responsable : Marco Lozano					Sika Plastiment-100	0.9 kg
					Nafthocrete PE :	1.80 kg
					Sika Control HS :	2.1 kg

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN DE CONCRETO					
Fecha de Moldeo:	16-Aug-21		Identificación		
N° de Especimenes	3	G	muestra 1	muestra 2	muestra 3
Tamaño Especimen	100 mm x 100 mm x 285 mm	mm	250	250	250
		pulg	9.8425	9.8425	9.8425

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

Edad de Ensayo	Dias Transcurridos	Fecha de Ensayo	Condicion	Temperatura	Humedad	Barra de Referencia	Especimenes		Lx	Cambio de Longitud	Promedio
				C°	%	mm	muestra	mm	mm	%	%
12 horas	0.5	8/17/2021	curado	23	50	3.754	1	2.136	-1.618	0.000	0.000
						3.760	2	1.472	-2.288	0.000	
						3.75	3	1.378	-2.372	0.000	
18 horas	1	8/17/2021	curado	23	50	3.762	1	2.184	-1.578	0.008	0.008
						3.762	2	1.512	-2.27	0.007	
						3.762	3	1.42	-2.362	0.008	
7 dias	7	8/23/2021	curado	23	50	3.746	1	2.15	-1.596	0.013	0.012
						3.746	2	1.486	-2.26	0.011	
						3.746	3	1.394	-2.352	0.012	
14 dias	14	8/30/2021	curado	23	50	3.746	1	2.164	-1.582	0.014	0.014
						3.742	2	1.486	-2.256	0.013	
						3.742	3	1.398	-2.344	0.014	
21 dias	21	9/6/2021	secado	23	50	3.760	1	2.112	-1.648	-0.004	-0.004
						3.760	2	1.45	-2.3	-0.005	
						3.760	3	1.368	-2.392	-0.004	
28 dias	28	9/13/2021	secado	23	50	3.748	1	2.098	-1.65	-0.013	-0.013
						3.748	2	1.428	-2.32	-0.013	
						3.748	3	1.334	-2.414	-0.013	
35 dias	35	9/20/2021	secado	23	50	3.606	1	1.94	-1.666	-0.019	-0.019
						3.606	2	1.27	-2.336	-0.019	
						3.606	3	1.18	-2.426	-0.018	
42 dias	42	9/27/2021	secado	23	50	3.610	1	1.962	-1.648	-0.024	-0.024
						3.610	2	1.264	-2.346	-0.023	
						3.610	3	1.168	-2.442	-0.024	
49 dias	49	10/4/2021	secado	23	50	3.726	1	2.038	-1.688	-0.028	-0.029
						3.726	2	1.366	-2.36	-0.029	
						3.726	3	1.272	-2.454	-0.029	
56 dias	56	10/11/2021	secado	23	50	3.754	1	2.06	-1.694	-0.030	-0.031
						3.754	2	1.368	-2.386	-0.031	
						3.754	3	1.264	-2.46	-0.031	
63 dias	63	10/18/2021	secado	23	50	3.342	1	1.646	-1.696	-0.031	-0.032
						3.342	2	0.972	-2.37	-0.033	
						3.342	3	0.878	-2.464	-0.033	
70 dias	70	10/25/2021	secado	23	50	3.666	1	1.968	-1.7	-0.033	-0.033
						3.666	2	1.296	-2.37	-0.033	
						3.666	3	1.200	-2.466	-0.034	
77 dias	77	11/1/2021	secado	23	50	3.954	1	1.892	-1.702	-0.034	-0.035
						3.954	2	1.218	-2.376	-0.035	
						3.954	3	1.124	-2.47	-0.035	
84 dias	84	11/8/2021	secado	23	50	3.610	1	1.902	-1.708	-0.036	-0.036
						3.610	2	1.212	-2.378	-0.036	
						3.610	3	1.116	-2.474	-0.037	
91 dias	91	11/15/2021	secado	23	50	3.576	1	1.866	-1.71	-0.037	-0.038
						3.576	2	1.194	-2.382	-0.038	
						3.576	3	1.096	-2.48	-0.039	
98 dias	98	11/22/2021	secado	23	50	3.420	1	1.708	-1.712	-0.038	-0.039
						3.420	2	1.004	-2.416	-0.039	
						3.420	3	0.940	-2.48	-0.039	
105 dias	105	11/29/2021	secado	23	50	3.324	1	1.608	-1.716	-0.039	-0.040
						3.324	2	0.906	-2.418	-0.040	
						3.324	3	0.818	-2.506	-0.042	

ANEXO D. RESULTADOS DE ENSAYO ASTM C39

ENSAYO ASTM C39

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	1/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

Estimado Marco:

Los resultados de resistencia a la compresión realizados de acuerdo a la norma ASTM C39 en nuestro Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) para las mezclas de concreto con cemento tipo I – Nacional y aditivo SIKA CONTROL NS se muestran en el siguiente cuadro:

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-39)

Comparativo de resistencia a le compresión - cemento tipo I - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

Tipo de concreto							ENSAYO AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO								
denominación	a/c	f'c	ID Probeta	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Ø (mm)			h (mm)	Área (mm2)	Carga Máxima KN	Resistencia a la compresión Mpa	Resistencia a la compresión Prom Mpa	% f'c
							Ø 1	Ø 2	Ø prom						
Diseño - Tipo I	0.65	24 Mpa	Diseño tipo I - a/c=0.65 - 1	1-Nov	8-Nov	7	100	100	100	203	7854.0	227.3	28.94	29.10	121.3%
Diseño - Tipo I	0.65	24 Mpa	Diseño tipo I - a/c=0.65 - 2	1-Nov	8-Nov	7	100	100	100	203	7854.0	232.7	29.63		
Diseño - Tipo I	0.65	24 Mpa	Diseño tipo I - a/c=0.65 - 3	1-Nov	8-Nov	7	100	100	100	203	7854.0	225.7	28.74		
Diseño - Tipo I	0.65	24 Mpa	Diseño tipo I - a/c=0.65 - 1	1-Nov	29-Nov	28	99	100	99.5	203	7775.6	260.2	33.46	32.95	137%
Diseño - Tipo I	0.65	24 Mpa	Diseño tipo I - a/c=0.65 - 2	1-Nov	29-Nov	28	100	100	100	203	7854.0	255.3	32.51		
Diseño - Tipo I	0.65	24 Mpa	Diseño tipo I - a/c=0.65 - 3	1-Nov	29-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	253.2	32.89		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	9-Nov	7	99	100	99.5	203	7775.6	264.2	33.98	32.24	134.3%
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	9-Nov	7	99	100	99.5	203	7775.6	235.4	30.27		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 3	2-Nov	9-Nov	7	99	100	99.5	203	7775.6	252.5	32.47		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	16-Nov	14	100	100	100	203	7854.0	279.7	35.61	34.01	142%
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	16-Nov	14	99	99	99	203	7697.7	249.5	32.41		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 3	2-Nov	16-Nov	14	100	100	100	203	7854.0	291.2	37.08		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	30-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	274.6	35.67	36.01	150%
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	30-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	270.2	35.10		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 3	2-Nov	30-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	279.8	36.35		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	1-Feb	91	100	100	100	203	7854.0	348.8	44.41	44.61	186%
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	1-Feb	91	100	100	100	203	7854.0	352	44.82		
Control - Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 3	2-Nov	1-Feb	91	100	100	100	203	7854.0	327.3	41.67		

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C39

BUILDING TRUST

PARA Marco Leonardo
Tesista UNMSM

CONTACTO Osmar Valverde
Product Engineer
TM CONCRETE

TELÉFONO +51 1 6186060
CELULAR +51 9 69650610
E-MAIL valverde.osmar@pe.sika.com

PÁGINAS 2/3
FECHA 15 de diciembre, 2021

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-39)

Comparativo de resistencia a la compresión - cemento tipo I - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

Tipo de concreto		f'c	ID Probeta	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	ENSAYO AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO								
denominación	a/c						Ø (mm)			h (mm)	Área (mm2)	Carga Máxima KN	Resistencia a la compresión Mpa	Resistencia a la compresión Prom Mpa	% f'c
							Ø 1	Ø 2	Ø prom						
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 1	26-Oct	2-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	246.2	31.98	32.58	136%
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 2	26-Oct	2-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	252.1	32.75		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 3	26-Oct	2-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	254	33.00		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 1	26-Oct	9-Nov	14	99	100	99.5	203	7775.6	258.8	33.28	34.69	145%
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 2	26-Oct	9-Nov	14	99	100	99.5	203	7775.6	237.7	30.57		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 3	26-Oct	9-Nov	14	99	100	99.5	203	7775.6	280.6	36.09		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 1	26-Oct	23-Nov	28	100	100	100	203	7854.0	265.6	33.82	36.81	153%
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 2	26-Oct	23-Nov	28	100	100	100	203	7854.0	287.2	36.57		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 3	26-Oct	23-Nov	28	100	100	100	203	7854.0	291	37.05		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 1	26-Jul	25-Oct	91	100	100	100	203	7854.0	343.7	43.76	45.10	188%
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 2	26-Jul	25-Oct	91	100	100	100	203	7854.0	364.8	46.45		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 3	26-Jul	25-Oct	91	98	100	99	203	7697.7		0.00		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 1	31-Aug	7-Sep	7	99	100	99.5	203	7775.6	252.5	32.47	33.42	139%
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 2	31-Aug	7-Sep	7	99	100	99.5	203	7775.6	267.3	34.38		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 3	31-Aug	7-Sep	7	98	100	99	203	7697.7		0.00		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 1	31-Aug	14-Sep	14	100	100	100	203	7854.0	286	36.41	36.36	151%
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 2	31-Aug	14-Sep	14	100	100	100	203	7854.0	284.5	36.22		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 3	31-Aug	14-Sep	14	100	100	100	203	7854.0	286.1	36.43		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 1	31-Aug	28-Sep	28	100	100	100	203	7854.0	287.8	36.64	38.23	159%
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 2	31-Aug	28-Sep	28	100	100	100	203	7854.0	300.3	38.24		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 3	31-Aug	28-Sep	28	100	100	100	203	7854.0	300.2	38.22		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 1	31-Aug	30-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	360.5	46.83	46.30	193%
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 2	31-Aug	30-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	358.4	46.56		
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 3	31-Aug	30-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	350.2	45.49		

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C39

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	3/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-39)

Comparativo de resistencia a la compresión - cemento tipo I - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

Tipo de concreto							ENSAYO AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO								
							Ø (mm)								
denominación	a/c	f'c	ID Probeta	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Ø 1	Ø 2	Ø prom	h (mm)	Área (mm2)	Carga Máxima KN	Resistencia a la compresión Mpa	Resistencia a la compresión Prom Mpa	% f'c
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 1	27-Oct	3-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	242	31.44	31.67	132%
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 2	27-Oct	3-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	245.5	31.89		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 3	27-Oct	3-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	229.7	29.84		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 1	27-Oct	10-Nov	14	98	100	99	203	7697.7	247.8	32.19	32.43	130%
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 2	27-Oct	10-Nov	14	98	100	99	203	7697.7	232.9	30.26		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 3	27-Oct	10-Nov	14	98	100	99	203	7697.7	251.4	32.66		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 1	27-Oct	24-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	266.7	34.65	34.50	138%
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 2	27-Oct	24-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	274.4	35.65		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 3	27-Oct	24-Nov	28	98	100	99	203	7697.7	255.6	33.20		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 1	9-Aug	8-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	318.1	41.32	43.07	172%
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 2	9-Aug	8-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	343.8	44.66		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo I - a/c=0.60 - 3	9-Aug	8-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	332.8	43.23		

Sin otro particular,

Osmar Valverde
Product Engineer TM Concrete

Felipe Chang
Gerente BU Concrete

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C39

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	1/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

Estimado Marco:

Los resultados de resistencia a la compresión realizados de acuerdo a la norma ASTM C39 en nuestro Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) para las mezclas de concreto con cemento tipo HS – Nacional y aditivo SIKA CONTROL NS se muestran en el siguiente cuadro:

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-39)

Comparativo de resistencia a la compresión - cemento tipo HS - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

Tipo de concreto							ENSAYO AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO								
							Ø (mm)								
denominación	a/c	f'c	ID Probeta	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Ø 1	Ø 2	Ø prom	h (mm)	Área (mm2)	Carga Máxima KN	Resistencia a la compresión Mpa	Resistencia a la compresión Prom Mpa	% f'c
Diseño - Tipo HS	0.65	>= 24 Mpa	Diseño tipo HS - a/c=0.65 - 1	27-Sep	4-Oct	7	100	100	100	203	7854.0	156.3	19.90	19.91	79.6%
Diseño - Tipo HS	0.65	>= 24 Mpa	Diseño tipo HS - a/c=0.65 - 2	27-Sep	4-Oct	7	100	100	100	203	7854.0	159.5	20.31		
Diseño - Tipo HS	0.65	>= 24 Mpa	Diseño tipo HS - a/c=0.65 - 3	27-Sep	4-Oct	7	99	101	100	203	7854.0	153.3	19.52		
Diseño - Tipo HS	0.65	>= 24 Mpa	Diseño tipo HS - a/c=0.65 - 1	27-Sep	11-Oct	14	97	101	99	203	7697.7	183.4	23.83	24.38	98%
Diseño - Tipo HS	0.65	>= 24 Mpa	Diseño tipo HS - a/c=0.65 - 2	27-Sep	11-Oct	14	98	100	99	203	7697.7	189.3	24.59		
Diseño - Tipo HS	0.65	>= 24 Mpa	Diseño tipo HS - a/c=0.65 - 3	27-Sep	11-Oct	14	98	100	99	203	7697.7	190.4	24.73		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 1	27-Sep	4-Oct	7	98	100	99	203	7697.7	173.6	22.55	23.00	92.0%
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 2	27-Sep	4-Oct	7	98	100	99	203	7697.7	172.9	22.46		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 3	27-Sep	4-Oct	7	98	100	99	203	7697.7	184.6	23.98		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 1	27-Sep	11-Oct	14	97	101	99	203	7697.7	188.2	24.45	25.30	101%
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 2	27-Sep	11-Oct	14	98	100	99	203	7697.7	197.4	25.64		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 3	27-Sep	11-Oct	14	98	100	99	203	7697.7	198.6	25.80		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 1	27-Sep	25-Oct	28	98	100	99	203	7697.7	213.1	27.68	27.77	111%
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 2	27-Sep	25-Oct	28	98	100	99	203	7697.7	214.5	27.87		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 3	27-Sep	25-Oct	28	98	100	99	203	7697.7	220.4	28.63		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 1	16-Aug	15-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	285.6	37.10	37.04	148%
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 2	16-Aug	15-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	284.7	36.99		
Control - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 3	16-Aug	15-Nov	91	98	100	99	203	7697.7		0.00		

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C39

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	2/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-39)

Comparativo de resistencia a la compresión - cemento tipo HS - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

Tipo de concreto							ENSAYO AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO								
							Ø (mm)								
denominación	a/c	f'c	ID Probeta	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Ø 1	Ø 2	Ø prom	h (mm)	Área (mm2)	Carga Máxima KN	Resistencia a la compresión Mpa	Resistencia a la compresión Prom Mpa	% f'c
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 1	3-Nov	10-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	170.4	22.14	21.77	87%
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 2	3-Nov	10-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	170.6	22.16		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 3	3-Nov	10-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	161.8	21.02		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 1	3-Nov	17-Nov	14	98	99	98.5	203	7620.1	176.5	23.16	23.45	94%
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 2	3-Nov	17-Nov	14	98	99	98.5	203	7620.1	173.6	22.78		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 3	3-Nov	17-Nov	14	98	99	98.5	203	7620.1	180.9	23.74		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 1	3-Nov	1-Dec	28	98	100	99	203	7697.7	203.8	26.48	26.53	106%
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 2	3-Nov	1-Dec	28	98	100	99	203	7697.7	199.7	25.94		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 3	3-Nov	1-Dec	28	98	100	99	203	7697.7	209.1	27.16		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 1	23-Aug	22-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	283.5	36.83	36.35	145%
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 2	23-Aug	22-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	276.1	35.87		
Sika Control NS 2% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 3	23-Aug	22-Nov	91	98	100	99	203	7697.7		0.00		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 1	26-Oct	2-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	179	23.25	22.62	90%
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 2	26-Oct	2-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	173.1	22.49		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 3	26-Oct	2-Nov	7	98	100	99	203	7697.7	170.3	22.12		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 1	26-Oct	9-Nov	14	100	100	100	203	7854.0	209	26.61	25.72	103%
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 2	26-Oct	9-Nov	14	100	100	100	203	7854.0	191.5	24.38		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 3	26-Oct	9-Nov	14	100	100	100	203	7854.0	205.5	26.17		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 1	26-Oct	23-Nov	28	100	98	99	203	7697.7	225.7	29.32	27.74	111%
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 2	26-Oct	23-Nov	28	100	98	99	203	7697.7	210.3	27.32		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 3	26-Oct	23-Nov	28	100	98	99	203	7697.7	216.8	28.16		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 1	26-Oct	25-Jan	91	98	100	99	203	7697.7	291.9	37.92	36.90	148%
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 2	26-Oct	25-Jan	91	98	100	99	203	7697.7	284.7	36.99		
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 3	26-Oct	25-Jan	91	98	100	99	203	7697.7	275.5	35.79		

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C39

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	3/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	15 de diciembre, 2021		

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-39)

Comparativo de resistencia a la compresión - cemento tipo HS - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

Tipo de concreto							ENSAYO AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO								
							Ø (mm)								
denominación	a/c	f'c	ID Probeta	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Ø 1	Ø 2	Ø prom	h (mm)	Área (mm2)	Carga Máxima KN	Resistencia a la compresión Mpa	Resistencia a la compresión Prom Mpa	% f'c
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 1	3-Nov	10-Nov	7	99	100	99.5	203	7775.6	164.7	21.18	21.80	87%
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 2	3-Nov	10-Nov	7	99	100	99.5	203	7775.6	169.3	21.77		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 3	3-Nov	10-Nov	7	99	100	99.5	203	7775.6	174.6	22.45		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 1	3-Nov	17-Nov	14	98	100	99	203	7697.7	156.6	20.34	23.58	94%
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 2	3-Nov	17-Nov	14	98	100	99	203	7697.7	178.4	23.18		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 3	3-Nov	17-Nov	14	98	100	99	203	7697.7	184.6	23.98		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 1	3-Nov	1-Dec	28	98	100	99	203	7697.7	205.3	26.67	26.90	108%
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 2	3-Nov	1-Dec	28	98	100	99	203	7697.7	206.1	26.77		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 3	3-Nov	1-Dec	28	98	100	99	203	7697.7	209.8	27.25		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 1	16-Aug	15-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	281.3	36.54	36.38	146%
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 2	16-Aug	15-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	278.8	36.22		
Sika Control NS 7% - Tipo HS	0.6	>= 24 Mpa	SK NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 3	16-Aug	15-Nov	91	98	100	99	203	7697.7	259.3	33.69		

Sin otro particular,

Osmar Valverde
Product Engineer TM Concrete

Felipe Chang
Gerente BU Concrete

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ANEXO E. RESULTADOS DE ENSAYO ASTM C78

ENSAYO ASTM C78

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	1/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	2 de diciembre, 2021		

Estimado Marco:

Los resultados de resistencia a la flexión del concreto realizado de acuerdo a la norma ASTM C78 en nuestro Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) para las mezclas de concreto con cemento tipo I – Nacional y aditivo SIKA CONTROL NS se muestran en el siguiente cuadro:

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-78)

Comparativo de resistencia a la flexión - cemento tipo I - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

1 - Rotura en el tercio central de la viga PL/bd^2

2 - Rotura fuera del puerto central de la viga $3Pa/bd^2$

Si la falla ocurre a una distancia desde el tercio medio mayor al 5% de luz libre, se rechaza el ensayo

Tipo de concreto							antes del ensayo			Después del ensayo						Carga Máxima	Resultados		Ubicación de la falla	
denominación	a/c	f'c	ID Viga	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad	Longitud total (mm)	Peralte (mm)	Longitud de apoyos (mm)	b Ancho (mm)			d Altura (mm)			P	Módulo de Rotura MR	MR prom	Falla 1/3 central ? S/N	a Distancia del apoyo a la línea de falla (mm)
										1	2	3	1	2	3	N	(Mpa)	(Mpa)		
Control - Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	9-Nov	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	29810	3.79	3.80	S	-
Control - Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	9-Nov	7	650	150	450	153	153	153	152	152.5	152	30080	3.81		S	-
Control - Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	30-Nov	28	650	150	450	152.5	153	152.5	152	152	152	31480	4.01	4.18	S	-
Control - Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	Control tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	30-Nov	28	650	150	450	152.5	153	152.5	151.5	152	151.5	33900	4.34		S	-

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C78

BUILDING TRUST

PARA Marco Leonardo
Tesista UNMSM

CONTACTO Osmar Valverde
Product Engineer
TM CONCRETE

TELÉFONO +51 1 6186060
CELULAR +51 9 69650610
E-MAIL valverde.osmar@pe.sika.com

PÁGINAS 2/3
FECHA 2 de diciembre, 2021

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-78)

Comparativo de resistencia a la flexión - cemento tipo I - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

1.- Rotura en el tercio central de la viga PL/bd^2

2.- Rotura fuera del puerto central de la viga $3Pa/bd^2$

Si la falla ocurre a una distancia desde el tercio medio mayor al 5% de luz libre, se rechaza el ensayo

Tipo de concreto							antes del ensayo			Desoués del ensayo						Carga Máxima	Resultados		Ubicación de la falla	
denominación	a/c	f'c	ID Viga	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad	Longitud total (mm)	Peralte (mm)	Longitud de apoyos (mm)	b Ancho (mm)			d Altura (mm)			P	Módulo de Rotura MR	MR prom	Falla 1/3 central ? S/N	a Distancia del apoyo a la línea de falla (mm)
										1	2	3	1	2	3	N	(Mpa)	(Mpa)		
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	Control 2% tipo I - a/c=0.60 - 1	19-Oct	26-Oct	7	650	150	450	153	153	153	151.5	152.5	151.5	29220	3.79	3.77	S	-
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 2	19-Oct	26-Oct	7	650	150	450	153	153	153	151.5	152	151.5	29890	3.82		S	-
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 1	19-Oct	16-Nov	28	650	150	450	153.5	153	153.5	152	152.5	152	37570	4.76	4.73	S	-
Sika Control NS 2% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 2% tipo I - a/c=0.60 - 2	19-Oct	16-Nov	28	650	150	450	153	153	153.5	152	152	152	36930	4.70		S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	9-Nov	7	650	150	450	153	153.5	153	152	152.5	152	34440	4.37	4.14	S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	9-Nov	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	30680	3.91		S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 1	2-Nov	30-Nov	28	650	150	450	153	153.5	153	152	152.5	152	36650	4.65	4.67	S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo I	0.6	>= 25 Mpa	SK NS 4.5% tipo I - a/c=0.60 - 2	2-Nov	30-Nov	28	650	150	450	153	153	153	152	152	152	36780	4.68		S	-

ENSAYO ASTM C78

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	3/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	2 de diciembre, 2021		

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN EN EL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-78)

Comparativo de resistencia a la flexión - cemento tipo I - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

1.- Rotura en el tercio central de la viga — PL/bd^2

2.- Rotura fuera del puerto central de la viga — $3Pa/bd^2$

Si la falla ocurre a una distancia desde el tercio medio mayor al 5% de luz libre, se rechaza el ensayo

Tipo de concreto							antes del ensayo			Después del ensayo						Carga Máxima	Resultados		Ubicación de la falla	
denominación	a/c	f'c	ID Viga	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad	Longitud total (mm)	Peralte (mm)	Longitud de apoyos (mm)	b Ancho (mm)			d Altura (mm)			P	Módulo de Rotura MR	MR prom	Falla 1/3 central ? S/N	a Distancia del apoyo a la línea de falla (mm)
										1	2	3	1	2	3	N	(Mpa)	(Mpa)		
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>=25 Mpa	SKNS 7% tipo I - a/c=0.60 - 1	15-Oct	1-Nov	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	33000	4.20	4.17	S	-
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>=25 Mpa	SKNS 7% tipo I - a/c=0.60 - 2	15-Oct	1-Nov	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	32580	4.15		S	-
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>=25 Mpa	SKNS 7% tipo I - a/c=0.60 - 1	15-Oct	22-Nov	28	650	150	450	152.5	153	152.5	152	152	152	35860	4.58	4.62	S	-
Sika Control NS 7% -Tipo I	0.6	>=25 Mpa	SKNS 7% tipo I - a/c=0.60 - 2	15-Oct	22-Nov	28	650	150	450	153	153	153	152	152	152	36580	4.66		S	-

Sin otro particular,

Osmar Valverde
Product Engineer TM Concrete

Felipe Chang
Gerente BU Concrete

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C78

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	1/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	2 de diciembre, 2021		

Estimado Marco:

Los resultados de resistencia a la flexión del concreto realizado de acuerdo a la norma ASTM C78 en nuestro Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) para las mezclas de concreto con cemento tipo HS – Nacional y aditivo SIKA CONTROL NS se muestran en el siguiente cuadro:

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-78)

Comparativo de resistencia a la flexión - cemento tipo HS - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

1.- Rotura en el tercio central de la viga PL/bd^2

2.- Rotura fuera del puerto central de la viga $3Pa/bd^2$

Si la falla ocurre a una distancia desde el tercio medio mayor al 5% de luz libre, se rechaza el ensayo

Tipo de concreto		f'c	ID Viga	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad	antes del ensayo			Después del ensayo						Carga Máxima	Resultados		Ubicación de la falla	
denominación	a/c						Longitud total (mm)	Peralte (mm)	Longitud de apoyos (mm)	b Ancho (mm)			d Altura (mm)			P	Módulo de Rotura MR	MR prom	Falla 1/3 central ? S/N	a Distancia del apoyo a la línea de falla
										1	2	3	1	2	3	N	(Mpa)	(Mpa)		
Control - Tipo HS	0.6	>= 25Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 1	27-Sep	4-Oct	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	26740	3.40	3.43	S	-
Control - Tipo HS	0.6	>= 25Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 2	27-Sep	4-Oct	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	27120	3.45		S	-
Control - Tipo HS	0.6	>= 25Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 1	27-Sep	25-Oct	28	650	150	450	152.5	153	152.5	151.5	152	151.5	27760	3.56	3.68	S	-
Control - Tipo HS	0.6	>= 25Mpa	Control tipo HS - a/c=0.60 - 2	27-Sep	25-Oct	28	650	150	450	153	153	153	152	152	152	29880	3.80		S	-

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C78

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	2/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	2 de diciembre, 2021		

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-78)

Comparativo de resistencia a la flexión - cemento tipo HS - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

1.- Rotura en el tercio central de la viga — PL/bd^2

2.- Rotura fuera del puerto central de la viga — $3Pa/bd^2$

Si la falla ocurre a una distancia desde el tercio medio mayor al 5% de luz libre, se rechaza el ensayo

tipo de concreto							antes del ensayo			Después del ensayo						Carga Máxima	Resultados		Ubicación de la falla	
denominación	a/c	f'c	ID Viga	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad	Longitud total (mm)	Peralte (mm)	Longitud de apoyos (mm)	b Ancho (mm)			d Altura (mm)			P	Módulo de Rotura MR	MR prom	Falla 1/3 central ? S/N	a Distancia del apoyo a la línea de falla
										1	2	3	1	2	3	N	(Mpa)	(Mpa)		
Sika Control NS 2%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 1	11-Oct	18-Oct	7	650	150	450	151.5	153	152.5	151.5	152	151.5	23660	3.03	3.10	S	-
Sika Control NS 2%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 2	11-Oct	18-Oct	7	650	150	450	151.5	153	153	151.5	152	151.5	24740	3.17		S	-
Sika Control NS 2%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 1	11-Oct	8-Nov	28	650	150	450	153	153.5	153.5	152	152.5	152	31870	4.04	4.07	S	-
Sika Control NS 2%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 2% tipo HS - a/c=0.60 - 2	11-Oct	8-Nov	28	650	150	450	153	153.5	153	152	152.5	152	32240	4.09		S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 1	5-Oct	12-Oct	7	650	150	450	153	153	153	152	152	152	27530	3.50	3.59	S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 2	5-Oct	12-Oct	7	650	150	450	153	153.5	153	152	152	151.5	28800	3.67		S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 1	5-Oct	2-Nov	28	650	150	450	151.5	153	153	151.5	152	151.5	29690	3.80	3.73	S	-
Sika Control NS 4.5% -Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SK NS 4.5% tipo HS - a/c=0.60 - 2	5-Oct	2-Nov	28	650	150	450	151.5	153	152.5	151.5	152	151.5	28630	3.67		S	-

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ENSAYO ASTM C78

BUILDING TRUST

PARA	Marco Leonardo Tesista UNMSM	**CONTACTO**	Osmar Valverde Product Engineer TM CONCRETE
		TELÉFONO	+51 1 6186060
		CELULAR	+51 9 69650610
PÁGINAS	3/3	**E-MAIL**	valverde.osmar@pe.sika.com
FECHA	2 de diciembre, 2021		

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:
EVALUACIÓN DE UN ADITIVO COMPENSADOR Y REDUCTOR DE LA CONTRACCIÓN DEL CONCRETO PARA REDUCIR LAS JUNTAS EN LOS PISOS DE CONCRETO EN LA CIUDAD DE LIMA

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078 / ASTM C-78)

Comparativo de resistencia a la flexión - cemento tipo HS - Sika Control NS 2, 4.5 Y 7%

1.- Rotura en el tercio central de la viga PL/bd^2

2.- Rotura fuera del puerto central de la viga $3Pa/bd^2$

Si la falla ocurre a una distancia desde el tercio medio mayor al 5% de luz libre, se rechaza el ensayo

tipo de concreto		f'c	ID Viga	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad	antes del ensayo			Después del ensayo						Carga Máxima	Resultados		Ubicación de la falla	
denominación	a/c						Longitud total (mm)	Peralte (mm)	Longitud de apoyos (mm)	b Ancho (mm)			d Altura (mm)			P	Módulo de Rotura MR	MR prom	Falla 1/3 central ? S/N	a Distancia del apoyo a la línea de falla (mm)
										1	2	3	1	2	3	N	(Mpa)	(Mpa)		
Sika Control NS 7%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SI NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 1	18-Oct	25-Oct	7	650	150	450	151.5	153	152.5	151.5	152	151.5	23540	2.89	2.87	S	-
Sika Control NS 7%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SI NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 2	18-Oct	25-Oct	7	650	150	450	151.5	153	152.5	151.5	152	151.5	23300	2.86		S	-
Sika Control NS 7%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SI NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 1	18-Oct	15-Nov	28	650	150	450	151.5	153	152.5	152	152	152	29870	3.81	3.90	S	-
Sika Control NS 7%-Tipo HS	0.6	>=25 Mpa	SI NS 7% tipo HS - a/c=0.60 - 2	18-Oct	15-Nov	28	650	150	450	153	153	153	151.5	152	152	31260	3.99		S	-

Sin otro particular,

Osmar Valverde
Product Engineer TM Concrete

Felipe Chang
Gerente BU Concrete

SIKA PERU S.A.C.
Habilitación Industrial EL Lúcumo Mz B Lote 6, Lurín
Telf: +51 618 6060 · Fax: +51 618 6070 · www.sika.com.pe

ANEXO F. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ADITIVO SIKA CONTROL NS

BUILDING TRUST

PRODUCT DATA SHEET

SikaControl® NS

SHRINKAGE REDUCING AND COMPENSATING ADMIXTURE

PRODUCT DESCRIPTION

SikaControl® NS is a shrinkage reducing/compensating admixture used to produce high performance concrete with reduced potential for drying shrinkage cracking and curling. SikaControl® NS meets the requirements of ASTM C-494 Type S.

USES

SikaControl® NS can be used in any type of cast-in-place or precast/prestressed concrete, grouts, mortars or any other cementitious mixes. Some of the applications of SikaControl® NS may include:

- Concrete floors, to compensate for drying shrinkage cracking, control curling and increase joint spacing.
- In thin bonded topping slabs, to minimize the difference in shrinkage between the new topping and the existing substrate.
- In concrete elements which are restrained against shrinkage.
- For bridge decks and parking structures.
- For durable concrete in marine environments.
- For watertight concrete in reservoirs, sewage treatment plants, and dams.

CHARACTERISTICS / ADVANTAGES

- Greatly reduced cracking potential related to drying and autogenous shrinkage.
- Reduced curling and increased joint spacing.
- Substantially improved impermeability, resulting in improved concrete durability.

PRODUCT INFORMATION

Packaging	SikaControl® NS is available in 25 lb (11.34 kg) bags and 2,000 lb (907 kg) super sacks.
Appearance / Color	Powder, Off-White Tan
Shelf Life	Shelf life when stored in dry warehouse conditions is 12 months.

Storage Conditions	SikaControl® NS should always be stored in a dry environment. Exposed, unprotected material will absorb moisture and carbon dioxide from the air resulting in reduced product performance.
Specific Gravity	Approximately 2.71

APPLICATION INFORMATION

Recommended Dosage	The recommended dosage range for SikaControl® NS is from 2–7 % by wt. of cement mass for concrete, mortars or grouts. SikaControl® NS at 5 % dosage rate has shown significant reduction in shrinkage cracking in independent lab testing. When trial mixes are performed for mix approval, ensure that all materials used are representative of the materials used during actual production.
Mixing	SikaControl® NS can be added to the concrete either along with the other powder components or after all the other ingredients are added to the concrete mixer or truck. If it is added after all the other ingredients, adequate mixing should be ensured. The 25 lb repulpable bags are designed to disintegrate through a combination of wetting and grinding the paper during concrete mixing. To maximize product performance proper curing practices should be followed as per ACI 308 or project specifications.

LIMITATIONS

Limitations: Do not introduce repulpable bags into concrete mixes with low water-cementitious ratios and smaller size aggregates as these mixes may not develop sufficient mixing energy to fully repulp the bags. Always determine repulpability of bags by pretesting mix designs and batch sequence.

Combination with SCM's and Other Admixtures:
- SikaControl® NS is compatible with commonly used SCM's and other Sika admixtures.
- Do not premix with other admixtures.

BASIS OF PRODUCT DATA

Results may differ based upon statistical variations depending upon mixing methods and equipment, temperature, application methods, test methods, actual site conditions and curing conditions.

OTHER RESTRICTIONS

See Legal Disclaimer.

ENVIRONMENTAL, HEALTH AND SAFETY

For further information and advice regarding transportation, handling, storage and disposal of chemical products, user should refer to the actual Safety Data Sheets containing physical, environmental, toxicological and other safety related data. User must read the current actual Safety Data Sheets before using any products. In case of an emergency, call CHEMTREC at 1-800-424-9300, International 703-527-3887.

LEGAL DISCLAIMER

- **KEEP CONTAINER TIGHTLY CLOSED**
- **KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN**
- **NOT FOR INTERNAL CONSUMPTION**
- **FOR INDUSTRIAL USE ONLY**
- **FOR PROFESSIONAL USE ONLY**

Prior to each use of any product of Sika Corporation, its subsidiaries or affiliates ("SIKA"), the user must always read and follow the warnings and instructions on the product's most current product label, Product Data Sheet and Safety Data Sheet which are available at usa.sika.com or by calling SIKA's Technical Service Department at 1-800-933-7452. Nothing contained in any SIKA literature or materials relieves the user of the obligation to read and follow the warnings and instructions for each SIKA product as set forth in the current product label, Product Data Sheet and Safety Data Sheet prior to use of the SIKA product.

SIKA warrants this product for one year from date of installation to be free from manufacturing defects and to

meet the technical properties on the current Product Data Sheet if used as directed within the product's shelf life. User determines suitability of product for intended use and assumes all risks. User's and/or buyer's sole remedy shall be limited to the purchase price or replacement of this product exclusive of any labor costs. **NO OTHER WARRANTIES EXPRESS OR IMPLIED SHALL APPLY INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. SIKA SHALL NOT BE LIABLE UNDER ANY LEGAL THEORY FOR SPECIAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES. SIKA SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR THE USE OF THIS PRODUCT IN A MANNER TO INFRINGE ON ANY PATENT OR ANY OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS HELD BY OTHERS.**

Sale of SIKA products are subject to the Terms and Conditions of Sale which are available at https://usa.sika.com/en/group/SikaCorp/termsandconditions.html or by calling 1-800-933-7452.

Sika Corporation
201 Polito Avenue
Lyndhurst, NJ 07071
Phone: +1-800-933-7452
Fax: +1-201-933-6225
usa.sika.com

Sika Mexicana S.A. de C.V.
Carretera Libre Celaya Km. 8.5
Fracc. Industrial Balvanera
Corregidora, Queretaro
C.P. 76920
Phone: 52 442 2385800
Fax: 52 442 2250537

ANEXO G. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CEMENTO TIPO I Y CEMENTO TIPO HS

CEMENTO NACIONAL
CONSTRUYENDO CON RESPONSABILIDAD

PORTLAND TIPO I SÚPER FUERTE Y ALTAMENTE RESISTENTE

Cemento Nacional Tipo I - SÚPER FUERTE Y ALTAMENTE RESISTENTE, es un cemento Portland diseñado para su uso en todo tipo de estructuras y construcciones en general como: obras de concreto estructural, industrial, minería, infraestructura vial y construcciones de viviendas comportamiento normal que no presenten requerimientos especiales.

Su composición contiene las proporciones adecuadas de clinker y yeso; materias primas que cumplen con los más estrictos controles de calidad para obtener un excelente producto final, el cual cumple con las exigencias especificadas según NTP 334.009 y ASTM C-150.

PRESENTACIÓN

- Bolsa de 42.5 Kg.
- Despacho a granel en big bag de 1 a 1.5 Tm o en bombonas.

USOS Y APLICACIONES

- Para obras de construcción en general cuando no se especifique un tipo de cemento especial.
- Para preparación de hormigones o concretos aligerados de elementos estructurales.
- En morteros para asentado de ladrillos, tarrajeos de paredes exteriores e interiores con buenos acabados.
- Para elaboración de materiales prefabricados y estructuras que requieran un rápido desencofrado.

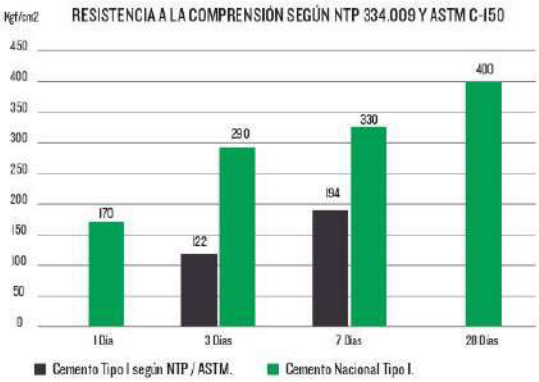
PORTLAND TIPO I SÚPER FUERTE Y ALTAMENTE RESISTENTE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO I	CEMENTO TIPO I según NTP 334.009 y ASTM C-150
Contenido de aire. Máx. %. Superficie específica (cm^2/g). Mín. Densidad (gr /ml). Expansión en autoclave. Máx.%.	9 4000 3.08 0.05	12 2800 NE 0.8
Resistencia a la compresión Kgf/cm^2. 1 Día 3 Días 7 Días 28 Días	 170 290 330 400	 NE 122 min. 194 min. NE
Tiempo de fraguado Vicat. Minutos. Inicial Final	 110 250	 45 min 375 max

El Cemento Nacional Tipo I - SÚPER FUERTE Y ALTAMENTE RESISTENTE, garantiza un buen desarrollo de resistencias a edades iniciales y finales, de acuerdo a la información mencionada.

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



RECOMENDACIONES EN MODO DE EMPLEO

VENTAJAS

- **Alta resistencia en menor tiempo:**

  Es usado en concretos de muchas aplicaciones por el buen desarrollo de resistencias iniciales y finales que se obtiene, garantizando resistencias por encima a 28 días de 400 Kgf/cm2.

- **Rápido desencofrado:**

  Tiene un buen desarrollo de resistencia a la compresión a edades tempranas, lo que permite reducir el tiempo de desencofrado.

- **Mayor rendimiento:**

  Permite la optimización de las mezclas a emplear como consecuencia del buen desarrollo de resistencias iniciales y finales.

- **Excelente acabado:**

  Presenta una formulación que con el uso de agregados estandarizados y agua libre de impurezas dan como resultado, estructuras con menos presencia de poros; facilitando los trabajos posteriores de acabado que se deben realizar.

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

- Almacenar las bolsas en un lugar seco y techado, evitando el contacto con la humedad del ambiente, separadas de paredes y pisos (con espacios mínimos de 10 cm), manteniéndolas bien cerradas y de preferencia protegidas con plástico.
- No almacenar por tiempos prolongados, siendo su almacenamiento máximo de 30 días. Esto, gracias a la particularidad de su pliego de plástico intermedio que tiene el diseño de su bolsa, que le otorga una mayor duración.
- Para evitar la compactación, apilarlas en 10 bolsas como máximo.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Durante su manipulación utilizar equipo de protección personal (mascarilla, guantes, botas, casco, anteojos, etc.).

- El contacto directo con el producto seco o hidratado, puede causar irritación en la piel y los ojos. Evitar su contacto, en caso de haberse dado, lavarse con abundante agua y acudir a un médico.
- Manténganse fuera del alcance de los niños.

CEMENTO NACIONAL
CONSTRUYENDO CON RESPONSABILIDAD

Un producto peruano elaborado y comercializado por MIXERCON S.A.
Av. Panamericana Sur Km 17.5, Villa El Salvador, Lima, Lima - Perú.
Para ventas comerciales y atención al cliente comuníquese a nuestro teléfono: (511)6169700 - opción 1 y subopción 2.
cementonacional.com.pe
/cementonacional @cementonacional Cemento Nacional

UNA MARCA DE MIXERCON

CEMENTO NACIONAL
CONSTRUYENDO CON RESPONSABILIDAD

PORTLAND TIPO HS PROTECCIÓN ANTISALITRE Y ANTIHUMEDAD

Cemento Nacional Tipo HS - PROTECCIÓN ANTISALITRE Y ANTIHUMEDAD, es un cemento Portland especializado, diseñado para todo tipo de estructuras y construcciones en general que requieran una ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS.

Su composición contiene las proporciones adecuadas de clinker, yeso y adiciones especiales; materias primas, que cumplen con los más estrictos controles de calidad para obtener un excelente producto final, el cual cumple con las exigencias especificadas según NTP 334.082 y ASTM C-1157.

PRESENTACIÓN

- Bolsa de 42.5 Kg.
- Despacho a granel en big bag de 1 a 1.5 Tm o en bombonas.

REACCIÓN

Reacción química de la resistencia a los sulfatos (salitre), debido a la presencia de una adición activa.

USOS Y APLICACIONES

- Para obras que requieran protección a la formación de salitre y la humedad, cuya exposición severa a los sulfatos solubles de agua y a los cloruros sea del orden de 1,500 a 10,000 ppm. Ideal para todo tipo de suelos.

PORTLAND TIPO HS — PROTECCIÓN ANTISALITRE Y ANTIHUMEDAD

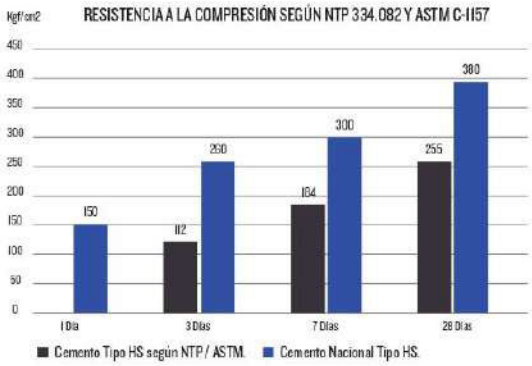
- Recomendado para construcciones en zona costera, piscinas, plantas industriales, obras portuarias e hidráulicas, acueductos, tubos de alcantarillado, canales, así como en edificaciones que esten expuestos a ciertos ataques químicos.
- Para construcciones de concreto con alta exposición a la humedad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO HS	CEMENTO DE ALTA PERFORMANCE SEGÚN NTP 334.082 Y ASTM C-1157
Contenido de aire. Máx. % Superficie específica (cm^2/g). Min. Expansión en autoclave. Máx. %.	9 4250 0.07	NE NE 0.8
Resistencia a la compresión Kg/cm^2. 1 Día 3 Días 7 Días 28 Días	 150 260 300 380	 NE 112 min. 184 min. 255 min.
Tiempo de fraguado Vicat. Minutos. Inicial Final	 140 260	 45 min. 420 máx.
Expansión a los sulfatos (Método ASTM C-1012). 06 meses. 12 meses.	 0.03 0.05	 0.05 máx. 0.1 máx.
Expansión en barra de morteros 14 días (Método ASTM C-1038).	0.01	0.02 máx.

El Cemento Nacional Tipo HS - PROTECCIÓN ANTISALITRE Y ANTIHUMEDAD, garantiza un buen desarrollo de resistencias en el tiempo, de acuerdo a la información mencionada.

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



RECOMENDACIONES EN MODO DE EMPLEO

VENTAJAS

- **Mayor resistencia al ataque de los sulfatos:**

El empleo de puzolana natural, disminuye la fase de C3A y fija el hidróxido de calcio libre, dando como resultado una matriz con menor porosidad capilar. Lo cual genera una superficie especifica mucho más resistente al ataque de los sulfatos, suelos húmedos y al agua de mar.

- **Mayor impermeabilidad y resistencia a los cloruros:**

El empleo de puzolana natural, contribuye a la formación de una matriz de cemento con menor porosidad capilar, dando como resultado un incremento de la impermeabilidad del concreto; esto evita el ingreso de agentes externos (sulfatos, cloruros y otros agentes nocivos).

- **Alta resistencia a la compresión en el tiempo:**

Debido a la adición activa que se emplea en su formulación (puzolana natural), desarrolla en el tiempo un incremento de resistencia por encima de los 28 días; el cual se mantiene hasta después de 1 o más años.

La reacción que se da entre la puzolana natural y el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento, forman compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento (formación del Gel C-S-H*), superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana natural.

- **Moderado calor de hidratación:**

Los beneficios que brinda la adición activa permiten que el uso de este tipo de cemento, minimice la presencia de fisuras en vaciados de gran volumen de concreto, así como también en obras de climas calurosos.

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

- Almacenar las bolsas en un lugar seco y techado, evitando el contacto con la humedad del ambiente, separadas de paredes y pisos (con espacios mínimos de 10 cm), manteniéndolas bien cerradas y de preferencia protegidas con plástico.
- No almacenar por tiempos prolongados, siendo su almacenamiento máximo de 30 días. Esto, gracias a la particularidad de su pliego de plástico intermedio que tiene el diseño de su bolsa, que le otorga una mayor duración.
- Para evitar la compactación, apilarlas en 10 bolsas como máximo.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Durante su manipulación utilizar equipo de protección personal (mascarilla, guantes, botas, casco, anteojos, etc.).

- El contacto directo con el producto seco o hidratado, puede causar irritación en la piel y los ojos. Evitar su contacto, en caso de haberse dado, lavarse con abundante agua y acudir a un médico.
- Manténganse fuera del alcance de los niños.

CEMENTO NACIONAL
CONSTRUYENDO CON RESPONSABILIDAD

Un producto peruano elaborado y comercializado por MIXERCON S.A.
Av. Panamericana Sur Km 17.5, Villa El Salvador, Lima, Lima - Perú.
Para ventas comerciales y atención al cliente comuníquese a nuestro teléfono: (511) 6169700 - opción 1 y subopción 2.
cementonacional.com.pe
/cementonacional @cementonacional Cemento Nacional

UNA MARCA DE MIXERCON

ANEXO H. FOTOS DE ENSAYOS Y MEZCLAS

Figura H -1. Medición del cambio de longitud del concreto con Sika control NS

Figura H -2. Identificación de muestras de acuerdo a la norma ASTM C157

Figura H - 3. Muestras de concreto almacenadas de acuerdo a la norma ASTM C157

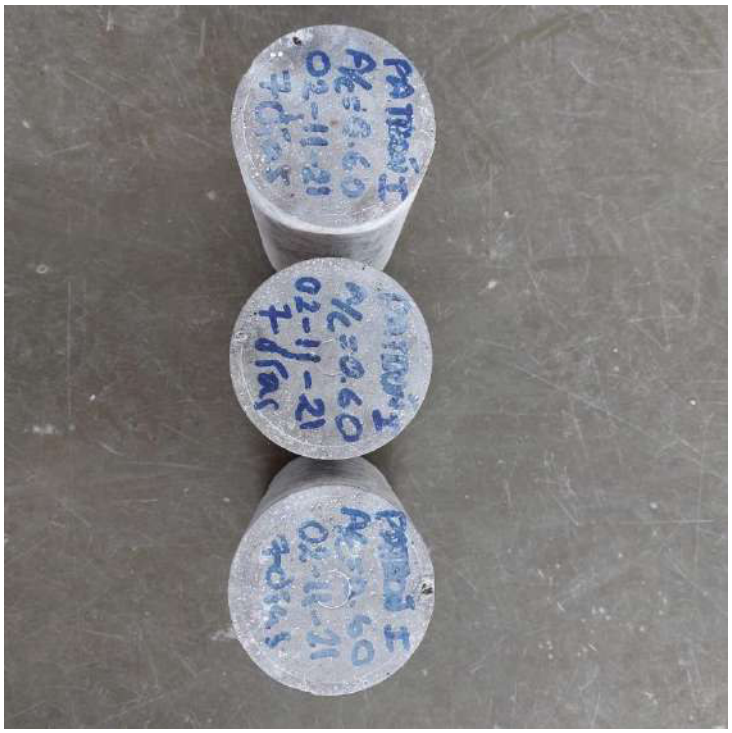


Figura H - 4. Probetas de concreto con SCRA de 4”x 8”.

Figura H - 5. Ensayo de Probetas de acuerdo a la norma ASTM C39

Figura H - 6. Ensayo de vigas de acuerdo a la norma ASTM C78

Figura H - 7. Medición de los parámetros reológicos del concreto con Sika control NS

Figura H - 8. Medición del tiempo de fragua de acuerdo a la norma ASTM C403

Figura H-9. Materiales para la mezcla de concreto con SCRA, Sika Control NS

Figura H-10. Mezcla de concreto con SCRA, Sika Control NS.