

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CANTIDADES DE CEMENTO
Y ADITIVO SIKAMENT 290N PARA UN CONCRETO $f'c=210$
KG/CM² CON UN SLUMP DE 4"-6" EN COSTO, RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUA**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentado por:

HUGO TEOBALDO NOVOA REINA

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

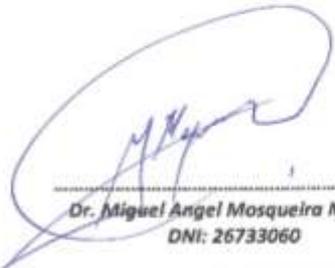
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Hugo Teobaldo Novoa Reina
DNI: 26702966
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias. Mención: ingeniería y Gerencia de la Construcción
2. Asesor: Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CANTIDADES DE CEMENTO Y ADITIVO SIKAMENT 290N PARA UN CONCRETO F'C=210 KG/CM² CON UN SLUMP DE 4" -6" EN COSTO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUA
6. Fecha de evaluación: 17/01/20245
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 14%
9. Código Documento: 3117: 422443626
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21/01/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ----- <i>Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno</i> DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
HUGO TEOBALDO NOVOA REINA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

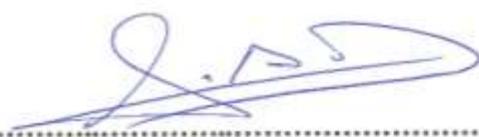
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 17:00 horas, del día 17 de Enero de dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. JAIME OCTAVIO AMORÓS DELGADO**, **DRA. YVONNE KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN**, **M. CS. MARCO ANTONIO SILVA SILVA**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **"INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CANTIDADES DE CEMENTO Y ADITIVO SIKAMENT 290N PARA UN CONCRETO F' C=210 KG/CM² CON UN SLUMP DE 4" - 6" EN COSTO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUA "**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **HUGO TEOBALDO NOVOA REINA**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó ..APROBARIA con la calificación de ..DIECISIETE (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **HUGO TEOBALDO NOVOA REINA**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 18:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor


.....
Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado
Jurado Evaluador


.....
Dra. Yvonne Katherine Fernández León
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. Marco Antonio Silva Silva
Jurado Evaluador

Dedico este trabajo con mucho agradecimiento y cariño a mis madres Norma y Esther por formarme en valores y alentarme siempre a la superación personal y profesional.

A mi familia: Tatiana y Norma Alejandra, quienes son mis pilares cda día de mi vida.

Hugo Teobaldo

AGRADECIMIENTO

A la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca y a sus docentes, de forma especial al Msc. Marco Silva Silva, por su apoyo y las observaciones realizadas a la tesis.

Al Dr. Miguel Mosqueira, asesor de esta tesis, quien guio la elaboración de la misma.

A mis madres: Esther, Norma, Esposa Taiana y mi querida hija Norma Alejandra, por el apoyo brindado durante mis estudios de Postgrado.

A Cementos Pacasmayo – Dino, empresa que me formó profesionalmente y me proporcionó sus instalaciones para realizar esta investigación.

A todas las personas que colaboraron de diferentes formas para la elaboración de este trabajo, como el Sr. Víctor Escobar, quien me enseñó y guía continuamente en esta especialidad del concreto; el Sr. Guty Gutiérrez, quien me apoyó en el asesoramiento de ensayos; y al Msc. Matías Tejada, por su guía en el análisis estadístico de los datos.

Hugo Teobaldo Novoa Reina

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	vii
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1.Contextualización.	1
1.1.2.Descripción del problema.	3
1.1.3.Formulación del problema.	4
1.2. Justificación de la investigación	5
1.2.1.Justificación técnica – práctica.	6
1.3. Delimitación de la investigación	7
1.4. Limitaciones de la investigación	8
1.5. Objetivos	8
1.5.1.Objetivo general.....	8
1.5.2.Objetivos específicos.	9
CAPITULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de la investigación	10
2.1.1 Internacionales	10
2.1.2 Nacionales.....	12
2.1.3 Locales	13
2.2. Marco conceptual	14
2.2.1.Aditivos para el concreto.....	14
2.2.2.Razones para el uso de aditivos:	15
2.2.3.Aditivos plastificantes o aditivos reductores de agua.	16
2.2.4.Aditivos plastificantes o aditivos reductores de agua de medio rango.	17
2.2.5.Aditivos plastificantes o aditivos reductores de agua de alto rango.....	18
2.2.6.Propiedades del Sikament 290N en relación con la resistencia y trabajabilidad del concreto y afectación en el costo del concreto.	19

2.2.7. Relación agua-cemento y su impacto en la resistencia a la compresión.	20
2.2.8. Efectos de los aditivos en el tiempo de fraguado del concreto	21
2.2.9. Influencia de los aditivos en la durabilidad del concreto	21
2.2.10. Evaluación del costo-beneficio del uso de aditivos en el concreto	21
2.2.11. Estimación de la Resistencia del Concreto a diferentes edades Según la ACI 209R-08	22
CAPÍTULO III	23
PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS	23
3.1. Hipótesis	23
3.1.1 Hipótesis general.	23
3.1.2 Hipótesis específicas.	23
3.2. Variables de estudio	24
3.3. Operacionalización y categorización de los componentes de las hipótesis ..	26
3.3.1. Definición conceptual de variables dependientes de estudio:	26
3.3.2. Definición Operacional de variables dependientes de estudio.	27
CAPÍTULO IV	31
MARCO METODOLÓGICO	31
4.1. Ubicación geográfica	31
4.2. Diseño de la investigación	31
4.2.1. Tipo de Investigación	31
4.2.2. Etapas de la investigación	32
4.2.3. Estrategias, actividades y procedimientos para la obtención de datos.	34
4.3. Diseño de Experimento	35
4.4. Población y muestra de estudio.	36
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	40
4.6. Equipos, materiales e insumos	42
4.6.1. Cantera de material para producción de agregado	42
4.6.2. El cemento utilizado	42
4.6.3. Agua potable de Planta DINO	43
4.6.4. Aditivo utilizado: SIKAMENT 290N	44
4.7. Procesos y toma de datos durante la investigación.	45
4.7.1. Obtención de propiedades de agregados para el estudio.	45
4.7.2. Procedimiento de diseño de mezclas	47
4.7.3. Diseño de mezclas usando el método del COMITÉ 211	48
4.7.4. Elaboración de mezcla de prueba	48

4.7.5.Elaboración de Unidades de estudio.....	48
4.7.6.El Asentamiento en el concreto en estado no endurecido.....	48
4.7.7.La resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto.	48
4.8. Técnicas de procesamiento y análisis de información.....	49
4.8.1.Análisis estadístico de los resultados.....	49
4.8.2.Análisis estadístico de varianza y Prueba de Rango Múltiple de Tukey.	49
4.8.3.Estándares de control de concreto en resistencia a compresión.....	50
CAPÍTULO V.....	54
RESULTADOS.....	54
5.1. Resultados de cantidades de materiales en Diseño de Mezclas y relación de agua – material cementante.....	54
5.2. Resultados de resistencia a Compresión de los especímenes de concreto y análisis estadístico.....	61
5.2.1.Resultados de Resistencia a compresión de los especímenes a los 03 días.....	61
5.2.2.Resultados de análisis estadístico de resistencia a compresión de los especímenes a los 03 días.....	71
5.2.3.Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días según tratamiento.....	73
5.2.4.Resultados de resistencia a compresión de los especímenes a los 07 días.....	78
5.2.5.Resultados de análisis estadístico de resistencia a compresión de los especímenes a los 07 días.....	86
5.2.6.Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días según tratamiento.....	88
5.2.7.Resultados de Resistencia a compresión de los especímenes a los 28 días.....	95
5.2.8.Resultados de análisis estadístico de resistencia a compresión de los especímenes a los 28 días.....	102
5.2.9.Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días según tratamiento.....	104
5.2.10. Análisis de desarrollo de resistencia a la compresión entre los 3, 7 y 28 días según tratamiento.....	110
5.3. Resultados de Ensayos de tiempo de Fragua.....	116
5.4. Resultados de costo de cantidad de materiales por metro cúbico.....	123
5.5. Análisis de resultados de resistencia a la compresión, tiempo de fragua y costo por metro cubico de los tratamientos.....	128

CAPÍTULO VI	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
6.1. Conclusiones.	132
6.2. Recomendaciones.	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS	135
ANEXOS – 1 FOTOGRAFÍAS	139
ANEXO – 2 DISEÑOS DE MEZCLAS.....	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Aditivos de Concreto Según su Clasificación	16
Tabla 2 Tabla de operacionalización y categorización de los componentes de las hipótesis	29
Tabla 3 Unidades de estudio: Especímenes cilíndricos de concreto para ensayo a resistencia a compresión	38
Tabla 4 Estándares para control del concreto (ACI 214-77)	50
Tabla 5 Matriz de consistencia metodológica	51
Tabla 6 <i>Consideraciones generales para el diseño de mezclas de concreto para todos los tratamientos de estudio.</i>	54
Tabla 7 <i>Cantidades de Diseño de Mezcla de concreto para un m³ de concreto por cada tratamiento de estudio, en pesos secos del agregado.</i>	55
Tabla 8 <i>Cantidades de Diseño de Mezcla de concreto para un m³ de concreto por cada tratamiento de estudio, en pesos húmedos del agregado.</i>	56
Tabla 9 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N.</i>	62
Tabla 10 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N.</i> ..	64
Tabla 11 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N.</i> ..	65
Tabla 12 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N.</i> ..	67
Tabla 13 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N.</i> ..	68
Tabla 14 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N.</i> ..	70
Tabla 15 <i>Análisis de Varianza de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días.</i>	71
Tabla 16 <i>Medias de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días según tratamiento.</i>	72
Tabla 17 <i>Agrupación de tratamientos según resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%</i>	73
Tabla 18 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N.</i>	79
Tabla 19 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N.</i>	80
Tabla 20 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N.</i> ..	81
Tabla 21 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N.</i> ..	83
Tabla 22 <i>Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N.</i> ..	84

Tabla 23 Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N ..	85
Tabla 24 Análisis de Varianza de la resistencia a la compresión en Kg/cm ² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días.	86
Tabla 25 Medias de la resistencia a la compresión en Kg/cm ² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días según tratamiento.	87
Tabla 26 Agrupación de tratamientos según resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	89
Tabla 27 Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N.....	96
Tabla 28 Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N	97
Tabla 29 Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N ..	98
Tabla 30 Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N ..	99
Tabla 31 Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N	100
Tabla 32 Resultado Resistencias a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a edad de 28 días del Tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N....	101
Tabla 33 Análisis de Varianza de la resistencia a la compresión en Kg/cm ² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.	103
Tabla 34 Medias de la resistencia a la compresión en Kg/cm ² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días según tratamiento.	103
Tabla 35 Agrupación de tratamientos según resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	104
Tabla 36 Evolución de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto en distintas edades (3, 7 y 28 días) según el tratamiento de Sikament 290N.....	111
Tabla 37 Resultado de ensayo de tiempo de fragua inicial y final de los tratamientos de concreto de estudio.....	116
Tabla 38 Variación del tiempo de fragua inicial y final de los tratamientos de concreto con respecto al tratamiento sin aditivo	119
Tabla 39 Costo de Materiales según tratamiento de estudio y variación con tratamiento sin aditivo.....	124
Tabla 40 Tabla Resumen de Resultados de Resistencia a Compresión, Tiempo de Fraguado y Costos por Metro Cúbico de Concreto Según Tratamientos con Sikament 290N.....	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Despacho nacional de cemento en miles de toneladas.....	1
Figura 2 Gráfico comparativo de cantidad de bolsas de cemento por un m ³ de concreto según tratamiento de estudio.....	56
Figura 3 Gráfico comparativo de cantidad de agua por un m ³ de concreto según tratamiento de estudio, según cantidades de agregados húmedos.....	58
Figura 4 Gráfico comparativo de cantidad de agregado grueso por un m ³ de concreto según tratamiento de estudio según cantidades de agregados húmedos.	59
Figura 5 Gráfico comparativo de cantidad de agregado fino por un m ³ de concreto según tratamiento de estudio según cantidades de agregados húmedos.	60
Figura 6 Gráfico comparativo de cantidad de aditivo SIKAMENT 290M por un m ³ de concreto según tratamiento de estudio.	61
Figura 7. Gráfica de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 03 días según tratamiento de estudio con medias.....	75
Figura 8. Gráfica de intervalos con un índice de confianza de 95% de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 03 días según tratamiento de estudio con medias.....	76
Figura 9. Gráfica de cajas de rango Inter cuartil de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 03 días según tratamiento de estudio con medias y valores atípicos. 77	
Figura 10. Gráfica de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 07 días según tratamiento de estudio con medias.....	91
Figura 11. Gráfica de intervalos con un índice de confianza de 95% de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 07 días según tratamiento de estudio con medias.....	93
Figura 12. Gráfica de cajas de rango Inter cuartil de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 07 días según tratamiento de estudio con medias y valores atípicos. 94	
Figura 13. Gráfica de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 28 días según tratamiento de estudio con medias.....	107
Figura 14. Gráfica de intervalos con un índice de confianza de 95% de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 28 días según tratamiento de estudio con medias.....	108
Figura 15. Gráfica de cajas de rango Inter cuartil de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm ² a los 28 días según tratamiento de estudio con medias y valores atípicos.	109
Figura 16. Gráfica de desarrollo de resistencia a la compresión entre los 3, 7 y 28 días según tratamiento de estudio.	112
Figura 17 Resistencia a los 28 días respecto al tratamiento patrón (287.44 Kg/cm ²)	114
Figura 18. Gráfica de resultado de ensayo de tiempo de fragua inicial y final de los tratamientos de concreto de estudio.	117
Figura 19. Gráfica de variación de tiempo de fragua inicial respecto al tratamiento sin aditivo.....	120
Figura 20. Gráfica de variación de tiempo de fragua final respecto al tratamiento sin aditivo.....	122
Figura 21. Gráfica de Costo de Materiales según tratamiento de estudio	126
Figura 22. Gráfica de Costo Total de Materiales según tratamiento de estudio.....	127

Figura 23. <i>Variación porcentual de resistencia, tiempo de fraguado y costos respecto al tratamiento patrón</i>	130
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

7d: 7 días de edad del concreto.

28d: 28 días de edad del concreto.

°C: Grados Celsius.

A/C: Relación agua-cemento; proporción entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento en una mezcla de concreto.

ACI: *American Concrete Institute* (Instituto Americano del Concreto); organización estadounidense que publica normas y recomendaciones técnicas sobre concreto reforzado.

ANOVA: Análisis de Varianza; método estadístico para analizar la variabilidad entre grupos de datos.

ASTM: *American Society for Testing and Materials* (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales); organismo de normalización de los Estados Unidos que desarrolla y publica estándares internacionales.

f'c: Resistencia a la compresión especificada del concreto; utilizada por el ingeniero calculista y comúnmente indicada en los planos y especificaciones de obra, expresada en kg/cm².

f'cr: Resistencia a la compresión promedio requerida; utilizada para seleccionar las proporciones de los materiales en una mezcla de concreto, expresada en kg/cm².

kg/cm²: Kilogramos por centímetro cuadrado.

kg/m³: Kilogramos por metro cúbico.

kg: Kilogramo.

L: Litro.

MPa: Megapascal.

NTP: Norma Técnica Peruana.

UNC: Universidad Nacional de Cajamarca.

α: Grado de hidratación del concreto.

RESUMEN

Este estudio, realizado en Cajamarca, Perú, tuvo como propósito evaluar cómo el aditivo Sikament 290N influye en la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo de producción del concreto. Se trabajó con concreto de la planta Dino–Llacanora en seis tratamientos con diferentes dosificaciones de Sikament 290N: (a) sin aditivo, (b) con 0.3%, (c) con 0.5%, (d) con 0.7%, (e) con 0.9%, y (f) con 1.1%. La metodología siguió normas ASTM para pruebas físicas de agregados y diseño de mezcla, además de ensayos de resistencia y fraguado, según ASTM C39 y ASTM C403. Para evaluar la resistencia a compresión, se realizaron pruebas a los 3, 7 y 28 días. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey para identificar agrupaciones y diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados mostraron que la dosificación de 0.5% fue la más eficaz, alcanzando una resistencia a compresión de 350.77 kg/cm² a los 28 días, lo que significó un aumento del 22% en comparación con el concreto sin aditivo (287.44 kg/cm²). Las dosificaciones de 0.7% y 0.9% también mejoraron la resistencia, alcanzando 335.47 kg/cm² y 336.89 kg/cm², respectivamente, mientras que la dosificación de 1.1% no ofreció mejoras adicionales significativas, con una resistencia de 314.00 kg/cm². En cuanto al fraguado, el tratamiento con 0.9% mostró el mayor tiempo en la fragua final, extendiendo el fraguado inicial y final en un 130% y 128%, respectivamente (2 horas y 22 minutos más tarde para el inicial y 2 horas y 59 minutos para el final), lo cual es adecuado para proyectos que requieren un mayor tiempo de uso del concreto. Finalmente, el análisis de costos demostró que la dosificación de 1.1% redujo el costo total en un 1.26% (S/ 466.28 por m³ frente a S/ 472.22 del concreto sin aditivo). En conclusión, el uso del aditivo Sikament 290N, especialmente en la dosificación de 0.5%, resultó ser una alternativa eficiente y rentable, mejorando la resistencia a compresión, ofreciendo control sobre el tiempo de fraguado y reduciendo costos en comparación con el concreto sin aditivos.

Palabras clave:

Sikament 290N, aditivos para concreto, resistencia a compresión, tiempo de fraguado, Costo de producción de concreto.

ABSTRACT

This study, conducted in Cajamarca, Peru, aimed to evaluate the impact of the Sikament 290N additive on concrete compressive strength, setting time, and production cost. The research involved concrete from the Dino–Llacanora plant, tested across six treatments with varying Sikament 290N dosages: (a) no additive, (b) 0.3%, (c) 0.5%, (d) 0.7%, (e) 0.9%, and (f) 1.1%. The methodology followed ASTM standards for aggregate physical tests and mix design, as well as compressive strength and setting time tests, in accordance with ASTM C39 and ASTM C403. Compressive strength was evaluated at 3, 7, and 28 days. Data analysis included ANOVA and Tukey's test to identify groupings and significant differences between treatments. Results showed that the 0.5% dosage was the most effective, achieving a compressive strength of 350.77 kg/cm² at 28 days—22% higher than the concrete without additives (287.44 kg/cm²). Dosages of 0.7% and 0.9% also improved compressive strength, reaching 335.47 kg/cm² and 336.89 kg/cm², respectively, while the 1.1% dosage showed no additional benefits, with a strength of 314.00 kg/cm². Regarding setting time, the 0.9% treatment had the longest final setting time, extending the initial and final setting by 130% and 128%, respectively (2 hours and 22 minutes later for initial setting, and 2 hours and 59 minutes later for final setting). This is advantageous for projects requiring longer working time with concrete. Finally, the cost analysis revealed that the 1.1% dosage reduced total production costs by 1.26% (S/ 466.28 per m³ compared to S/ 472.22 for concrete without additives). In conclusion, the use of Sikament 290N, particularly at a 0.5% dosage, proved to be an efficient and cost-effective alternative, enhancing compressive strength, providing control over setting times, and reducing production costs compared to concrete without additives.

Keywords:

Sikament 290N, concrete additives, compressive strength, setting time, concrete production cost.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

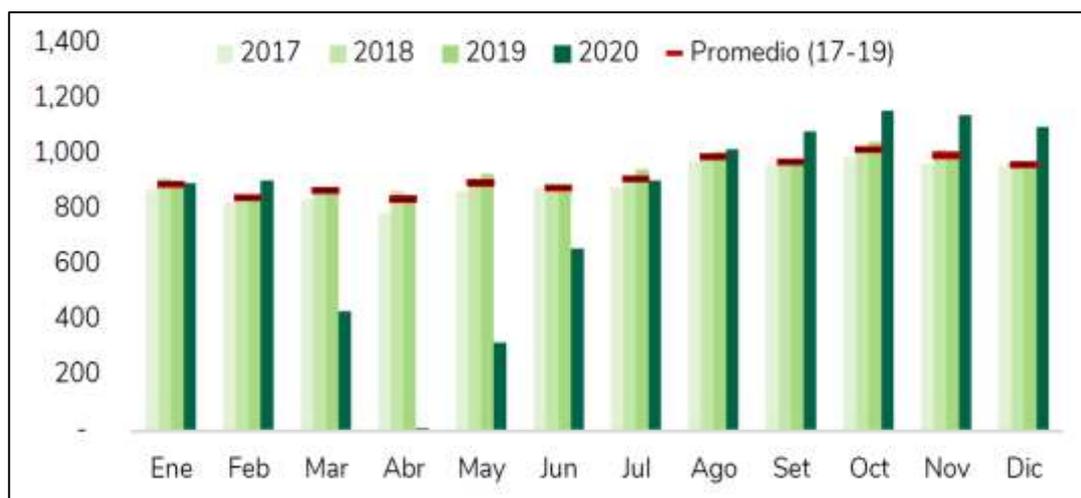
1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización.

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo, en el Perú se despachan entre 800 a 1200 miles de toneladas de cemento por mes, con lo cual se producen alrededor de 28 millones de metros cúbicos de concreto por mes en el país, como se muestra en la Figura 1. (ASOCEM, 2021)

Figura 1.

Despacho nacional de cemento en miles de toneladas



Nota: Se muestra el despacho nacional de cemento en miles de toneladas (ASOCEM, 2021)

Los aditivos para concreto son esenciales para modificar ciertas propiedades del material en estado fresco y endurecido, mejorando así su desempeño. Por ejemplo, estos aditivos pueden aumentar la resistencia, reducir la permeabilidad y mejorar la trabajabilidad del concreto fresco, lo cual es crucial para su colocación y durabilidad. Además, el uso de cementos con adiciones como cenizas volantes o escoria de alto horno puede aumentar la durabilidad del concreto al reducir su huella de carbono y mejorar su resistencia a los sulfatos y otros agentes agresivos. (Portland Cement Association, 2023)

El uso de aditivos en el concreto es una solución efectiva para asegurar que el material cumpla con las especificaciones requeridas en diversos climas del Perú. Por ejemplo, los retardantes de fraguado son útiles en climas calurosos para prolongar el tiempo de trabajo, mientras que en climas fríos se emplean acelerantes para reducir el tiempo de fraguado y plastificantes o incorporadores de aire para mejorar la trabajabilidad y resistencia al congelamiento y descongelamiento (National Ready Mixed Concrete Association., 2020)

Por ejemplo, una revisión sistemática realizada por Espinoza y Rojas (2022) analizó el impacto de diversos aditivos en la mejora de las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto elaborado con agregados reciclados. Este estudio evidenció que aditivos como humo de sílice, cenizas de cáscara de arroz y escoria de alto horno granulada pueden mejorar significativamente la resistencia del concreto y promover la sostenibilidad al reutilizar materiales de desecho. (Espinoza Zevallos & Rojas Garriazo, 2022)

Asimismo, una investigación de Canchaya (2021) estudió el uso de aditivos de última generación en el concreto diseñado para transporte prolongado en Huancayo. Los resultados destacaron que la dosificación adecuada de aditivos como superplastificantes y retardantes es esencial para mantener la consistencia y la trabajabilidad del concreto bajo condiciones variables de temperatura y humedad, asegurando un vaciado efectivo en proyectos de larga duración (Canchaya Cano, 2021)

El estudio del aditivo Sikamen 290N como plastificante en concretos de alta trabajabilidad se inserta en un contexto donde el uso del concreto es fundamental para la construcción en Perú, con un consumo mensual significativo de cemento que produce millones de metros cúbicos de concreto. Dada la amplia gama de condiciones climáticas y las diversas necesidades de construcción, el uso de aditivos es crucial para ajustar las propiedades del concreto y garantizar su desempeño adecuado en diferentes entornos.

Los aditivos han demostrado ser efectivos en mejorar propiedades como la resistencia y la trabajabilidad del concreto, particularmente en condiciones adversas o específicas de los proyectos de construcción. Por ejemplo, investigaciones previas han destacado la importancia de la dosificación precisa

de aditivos, como superplastificantes y retardantes, para mantener la consistencia y la durabilidad del concreto en climas variables y durante transporte prolongado (Canchaya Cano, 2021). Además, otros estudios han demostrado que el uso de aditivos en concretos con agregados reciclados puede mejorar significativamente la resistencia y promover prácticas sostenibles (Espinoza Zevallos & Rojas Garriazo, 2022).

Sin embargo, en el Perú, la mayoría del concreto utilizado corresponde a aplicaciones informales donde el uso de aditivos sigue siendo inusual (Pasquel Cabrajal, 2010). Esta situación resalta la relevancia de investigar soluciones innovadoras, como el Sikament 290N, que pueden ofrecer mejoras significativas en la trabajabilidad y eficiencia del concreto en diversos proyectos.

1.1.2. Descripción del problema.

La falta de conocimiento y el limitado uso de aditivos como el Sikament 290N en el concreto, tanto en construcciones formales como informales, se debe a varios factores interrelacionados. Una de las principales causas es la percepción de que estos productos aumentan los costos del concreto sin aportar beneficios significativos, lo cual desincentiva su adopción (Pasquel Cabrajal, 2010). Además, la falta de información y capacitación entre los profesionales de la construcción impide una comprensión adecuada sobre cómo los aditivos pueden mejorar propiedades cruciales del concreto, como la resistencia a la compresión, el tiempo de fraguado y la durabilidad (Canchaya Cano, 2021; Espinoza Zevallos & Rojas Garriazo, 2022).

En el caso específico de los plastificantes, existe una falta de claridad sobre su impacto en las propiedades del concreto. Por ejemplo, muchos profesionales desconocen los porcentajes adecuados de aditivos necesarios para alcanzar mejoras específicas en la resistencia o la consistencia del material. Esta falta de conocimiento también se extiende a la interacción entre diferentes tipos de cemento y aditivos, lo cual puede afectar significativamente el rendimiento del concreto (Espinoza Zevallos & Rojas Garriazo, 2022).

En contextos de construcción informal, el problema se agrava porque las mezclas de concreto suelen basarse en diseños estándar sin ajustes

necesarios, lo que genera un uso incorrecto de los aditivos y del cemento. Esta práctica no solo puede incrementar los costos, sino que también puede generar resultados insatisfactorios, lo que refuerza la desconfianza en el uso de aditivos para mejorar las propiedades del concreto (Pasquel Cabrajal, 2010).

Por lo tanto, es esencial fomentar una mayor educación y capacitación sobre el uso de aditivos como el Sikament 290N, así como otros productos similares, para aprovechar al máximo sus beneficios en términos de eficiencia y calidad en la construcción.

1.1.3. Formulación del problema.

¿Cuál es la influencia de las distintas dosificaciones de SIKAMENT 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, en la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo por metro cúbico del concreto, en mezclas con una relación agua-cemento de 0.66, diseñadas para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y una alta trabajabilidad con un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas en estado fresco?

Preguntas específicas

- a. ¿Cuál es la variación en la resistencia a compresión del concreto utilizando diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, manteniendo una relación agua-cemento de 0.66 y un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas?
- b. ¿Cuál es la variación en el tiempo de fraguado inicial y final del concreto de las distintas dosificaciones de Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, manteniendo una relación agua-cemento de 0.66 y un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas?
- c. ¿Cuál es la variación del costo por metro cúbico del concreto al aplicar diferentes porcentajes de dosificación del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, considerando la relación agua-cemento de 0.66 y las especificaciones de trabajabilidad establecidas?

1.2. Justificación de la investigación

- a. Si bien la ficha técnica del Sikament 290N especifica rangos de dosificación, estos rangos no han sido probados con los materiales y condiciones específicas de Cajamarca. Las características de los agregados, el tipo de cemento y las condiciones climáticas locales pueden influir en el comportamiento del aditivo. Además, la ficha técnica no proporciona información detallada sobre la influencia del Sikament 290N en el tiempo de fraguado del concreto, un aspecto crítico para la planificación y ejecución de las obras de construcción. Esta investigación busca llenar estos vacíos de información y generar conocimiento específico para el contexto local.
- b. La empresa Dino-Llacanora utiliza el Sikament 290N en la elaboración de concreto premezclado, pero sus dosificaciones son propias y no se comparten con los interesados en Cajamarca. Esta investigación busca generar conocimiento abierto y accesible sobre el uso del aditivo, lo que beneficiará a otros productores de concreto, constructores e investigadores en la región.
- c. Esta investigación se realizó en colaboración con la empresa Dino-Llacanora, quien ha utilizado los resultados de este estudio para optimizar sus dosificaciones de Sikament 290N y tener en cuenta el tiempo de fraguado en sus procesos de producción. Esta colaboración entre la academia y la industria contribuye a la transferencia de conocimiento y a la mejora de las prácticas de construcción en la región.
- d. No se ha encontrado trabajos de investigación local referente a la influencia de la utilización del aditivo SIKAMENT 290N sobre la variación de la resistencia a compresión, variación de la cantidad de agua de mezcla y el tiempo de fragua inicial y final del concreto en cada caso. Así mismo se desconoce el costo de producción de un concreto con aditivo SIKAMENT 290N, propiedades que son fundamentales para el diseño de concreto, preparación, transporte y para diferenciar la influencia del uso de los aditivos Sikament 290N.

- e. No se conoce realmente el porcentaje a utilizar de aditivo en los concretos, debido a que la ficha técnica del aditivo indica hasta 1.2% del peso del cemento para el Sikament 290N, hasta 0.7% como plastificante y hasta 1.2% como superplastificante y además no se conoce el tiempo de fragua inicial y final en el uso de los aditivos que nos servirá para determinar el tiempo de reacción del mismo; incluso en una experiencia propia se colocó el mayor porcentaje de aditivo indicado, el cual generó una demora en el desencofrado del concreto, debido a que aún no había endurecido.
- f. En Cajamarca, se prepara y suministra diariamente una importante cantidad de concreto para la construcción civil, existiendo la necesidad que este concreto preste buen desempeño en obra; utilizando en forma eficiente los recursos de la construcción, lo cual, no estaría ocurriendo debido al desconocimiento de la influencia del aditivo SIKAMENT 290N.

1.2.1. Justificación técnica – práctica.

- a. La investigación es innovadora, ya que, aunque desde 1991 se han estudiado los aditivos en el concreto, no se ha encontrado estudios específicos sobre los porcentajes óptimos de uso del aditivo Sikament 290N en el contexto peruano. Esto crea una oportunidad para aportar conocimiento técnico específico que no ha sido documentado localmente, brindando una base para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la construcción.
- b. Los resultados preliminares han demostrado que el uso efectivo del aditivo permite optimizar el concreto de acuerdo con las resistencias requeridas. Esto implica que, al identificar las dosificaciones correctas, es posible mejorar la calidad del concreto, reducir costos y minimizar problemas asociados con una mezcla inadecuada, como baja resistencia o fraguado deficiente.
- c. La investigación aborda un problema frecuente en la construcción, como es la aparición de fisuras y grietas en losas y estructuras expuestas a condiciones climáticas adversas. Estas fallas suelen deberse a la pérdida temprana de agua en la mezcla y a resistencias a compresión que no

cumplen con los estándares requeridos, lo cual está relacionado con el uso inadecuado o insuficiente de aditivos. Establecer los porcentajes óptimos de uso de Sikament 290N permitirá mitigar estos problemas.

1.3. Delimitación de la investigación

Esta investigación se enfocó en el estudio del concreto con una resistencia especificada a compresión de 210 kg/cm² utilizando el aditivo Sikament 290N en la ciudad de Cajamarca, Perú. Para lograr el estudio, se establecieron las siguientes delimitaciones:

- a. Ubicación geográfica: La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cajamarca, Perú. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la planta de concreto premezclado Dino-Llacanora, ubicada en Llacanora, Cajamarca. Esta planta cuenta con equipos de laboratorio adecuados para la elaboración y ensayo de probetas de concreto, lo que facilitó el desarrollo de la investigación.
- b. Periodo de estudio: La investigación se realizó entre los años 2015 y 2018. Este periodo se seleccionó para coincidir con la vigencia de las normas técnicas consultadas (NTP, ASTM, ACI) y con la disponibilidad de datos sobre las características de los agregados utilizados.
- c. Diseño de mezcla: Se empleó un diseño de mezcla de concreto con una resistencia especificada a compresión de 210 kg/cm² y una consistencia de asentamiento de 4 a 6 pulgadas. Esta decisión se fundamentó en que esta resistencia y consistencia son comúnmente utilizadas en la construcción de viviendas y pequeñas edificaciones en Cajamarca. Este enfoque permite evaluar el comportamiento del aditivo en condiciones representativas de la práctica local, aunque no se descarta que el aditivo pueda tener un comportamiento diferente en concretos de mayor resistencia o con relaciones agua/cemento más bajas.
- d. Tipo de aditivo: La investigación se centró exclusivamente en el aditivo Sikament 290N, un aditivo usado como plastificante y superplastificante de amplio uso en la industria de la construcción. Se utilizaron diferentes

porcentajes de aditivo dentro del rango descrito en su ficha técnica, manteniendo un asentamiento de 4 a 6 pulgadas. Esta delimitación permite profundizar en el estudio de un aditivo específico y sus efectos sobre las propiedades del concreto, aunque se reconoce que otros tipos de aditivos podrían tener efectos diferentes.

1.4. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de esta investigación, se presentaron las siguientes limitaciones que influyeron en el alcance del estudio:

- a. Disponibilidad de agregados: El estudio se limitó al uso de agregados gruesos y arena de río provenientes de la fuente utilizada por la planta de concreto premezclado Dino-Llacanora. Si bien estos agregados cumplen con la norma ASTM C-33, no se pudo evaluar el efecto del aditivo Sikament 290N en concretos elaborados con agregados de otras fuentes o con características diferentes (tamaño, forma, textura). Esta limitación restringe la generalización de los resultados a otros tipos de agregados y podría ocultar posibles interacciones entre el aditivo y las características específicas de los agregados.
- b. Espacio de almacenamiento de probetas: Debido a la cantidad de probetas de concreto elaboradas (270), el espacio de almacenamiento disponible en el laboratorio de Dino-Llacanora limitó la duración de los ensayos de resistencia a compresión a 28 días. Si bien este periodo permite evaluar la resistencia temprana del concreto, no se pudo analizar el comportamiento a largo plazo (90, 180 o 365 días), lo que limita la comprensión de la durabilidad del concreto con el aditivo Sikament 290N. Es posible que el efecto del aditivo en la resistencia a largo plazo difiera del observado a 28 días.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Determinar la influencia de la variación de las dosificaciones del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento en la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo por metro cúbico del

concreto en mezclas con una relación agua-cemento de 0.66, diseñadas para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y una alta trabajabilidad con un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas en estado fresco.

1.5.2. Objetivos específicos.

- a. Determinar cuál es la variación en la resistencia a compresión del concreto utilizandado diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, manteniendo una relación agua-cemento de 0.66 y un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas.
- b. Determinar cuál es la variación en el tiempo de fraguado inicial y final del concreto de las distintas dosificaciones de Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, manteniendo una relación agua-cemento de 0.66 y un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas.
- c. Determinar cuál es la variación del costo por metro cúbico del concreto al aplicar diferentes porcentajes de dosificación del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, considerando la relación agua-cemento de 0.66 y las especificaciones de trabajabilidad establecidas.
- d. Comparar los resultados obtenidos de resistencia a compresión, tiempo de fraguado y costo con los valores estándar del concreto sin aditivos para establecer las ventajas o desventajas del uso del aditivo Sikament 290N en las proporciones estudiadas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 Internacionales

Referente a Investigaciones sobre superplastificantes y aditivos en concreto, Un estudio realizado por Collepardi et al. (2015) examinaron el uso de superplastificantes en la producción de concretos autocompactantes (Self-Compacting Concrete, SCC) utilizando cenizas de fondo de incineradores de residuos sólidos municipales como material adicional. Los resultados mostraron que los superplastificantes mejoran significativamente la fluidez y la trabajabilidad del concreto sin comprometer su resistencia mecánica, incluso cuando se utilizan materiales reciclados como agregados. Este estudio resalta la relevancia de los aditivos como el Sikament 290N para mejorar la eficiencia de mezclas de concreto innovadoras.

Un estudio realizado por Mehta y Monteiro (2014) sobre la efectividad de los aditivos superplastificantes en mezclas de concreto de alta resistencia concluyó que estos aditivos permiten obtener una mezcla con una mayor trabajabilidad sin necesidad de aumentar la cantidad de agua, lo cual es crucial para mantener la relación agua-cemento (A/C) dentro de los límites establecidos para alcanzar la resistencia deseada. Los autores subrayan que la utilización de estos aditivos puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, sin comprometer su durabilidad. Este antecedente es relevante para la tesis, ya que se enfoca en la optimización de la mezcla para lograr un concreto con una resistencia específica (210 kg/cm²) y un slump entre 4 y 6 pulgadas, lo cual es posible gracias al uso de la cantidad de aditivo Sikament 290N.

Referente a Investigaciones sobre superplastificantes en concreto de ultra alta resistencia, Un estudio realizado por Torres et al. (2020) analizó el efecto de varios superplastificantes en concreto de ultra alta resistencia (UHSC). El estudio evaluó cómo diferentes tipos de superplastificantes afectan la resistencia

mecánica y la estructura de poros del concreto. Los resultados mostraron que ciertos superplastificantes mejoran significativamente la resistencia a compresión y la durabilidad del concreto, destacando la importancia de seleccionar el tipo adecuado de aditivo para aplicaciones de alta resistencia

Según un estudio realizado por Ezeagu y Edwin (2021), El uso de superplastificantes, como SIKAMENT 290N, generalmente mejora la resistencia a la compresión del concreto. Un estudio encontró que el uso de superplastificantes con dosificaciones que varían del 1% al 3% del peso del cemento incrementa la resistencia a la compresión de manera significativa, especialmente en los primeros 28 días. Por ejemplo, al utilizar un superplastificante como el Conplast 430, se obtuvo una mayor resistencia a la compresión al 1% de dosificación a los 7 días, aumentando al 2% a los 28 días.

Wu et al. (2020) investigaron cómo diferentes superplastificantes basados en ácidos policarboxílicos afectan la resistencia del concreto y su estructura de poros. El estudio utilizó técnicas avanzadas como microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (XRD) para analizar la microestructura del concreto. Los resultados demostraron que algunos superplastificantes no solo mejoran la trabajabilidad y la retención del slump, sino que también optimizan la compactación del concreto, mejorando su resistencia a largo plazo.

Un estudio referente al efecto de superplastificantes funcionales en el tiempo de fragua realizado por Santhanam (2013), concluye que los superplastificantes pueden alterar significativamente el tiempo de fraguado del concreto. Estos aditivos permiten una mejor trabajabilidad y una reducción en el contenido de agua, lo cual puede retrasar o acelerar el fraguado según la dosificación específica. A dosis más altas, los superplastificantes tienden a extender el tiempo de fraguado debido a la mayor cantidad de agua disponible para la hidratación, mientras que a dosis óptimas, el fraguado se mantiene dentro de un rango aceptable para aplicaciones prácticas.

2.1.2 Nacionales

Referente a la Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en las propiedades físicas y mecánicas del concreto convencional, en su tesis, Cubas (2019) estudió los efectos del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión del concreto convencional. Utilizando los aditivos Z Fragua #5 y Accelguard 90 en proporciones de 2%, 4% y 6% del peso del cemento, se evaluaron mejoras significativas en las propiedades del concreto. El estudio encontró que el aditivo Accelguard 90, en una proporción del 4%, aumentó la resistencia a la compresión en un 33% a los 3 y 7 días, y en un 18% a los 28 días, reduciendo también el tiempo de fraguado en 80 y 98 minutos, respectivamente. Estos resultados indican que Accelguard 90 cumple con los estándares ASTM C494 tipo E, ofreciendo mejoras significativas en aplicaciones prácticas del concreto

Influencia del aditivo plastificante Sika Cem en la resistencia a la compresión del concreto, Tarapoto – Provincia de San Martín, Perú: Gonzales y Arteaga (2021) investigaron el impacto del aditivo plastificante Sika Cem en la resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm². Se diseñaron tres mezclas experimentales con dosificaciones de 0.50%, 1.00% y 1.50% en peso de cemento. Los resultados demostraron que el uso de Sika Cem incrementó la resistencia a compresión a los 7 y 28 días, siendo la dosificación de 1.50% la más efectiva. Sin embargo, el costo del concreto aumentó entre un 6.31% y 19%, dependiendo de la dosificación.

Influencia del uso de aditivos acelerantes y retardantes en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm²: Bazán (2021) investigó cómo los aditivos acelerantes (SikaRapid-1) y retardantes (Sika Retarder PE) afectan la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm² en Trujillo, Perú. Utilizando el método de madurez, encontró que los aditivos acelerantes mejoran la resistencia rápidamente en climas fríos, mientras que los retardantes son efectivos en climas cálidos o cuando se requiere transporte prolongado. Estos hallazgos optimizan tiempos de construcción, mejorando los procesos constructivos

2.1.3 Locales

Referente a la mejora de la resistencia a la compresión y flexotracción, Un estudio realizado en Jaén evaluó el uso de diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N (0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6% y 0.7% del peso del cemento) para mejorar las propiedades mecánicas del concreto de resistencia a compresión $f'c$ 280 kg/cm². Los resultados mostraron que la adición del aditivo en proporciones hasta el 0.5% incrementa la resistencia a la compresión en un 8.86%, mientras que una dosificación del 0.7% aumentó las propiedades mecánicas hasta un 18.59% comparado con una muestra sin aditivo (Díaz Sánchez & Ramírez Julca, 2022). (Díaz Sánchez & Ramírez Julca, 2022)

La investigación realizada por Sangay Quiliche (2017) en la Universidad Nacional de Cajamarca evaluó cómo el aditivo EUCON 1037, un reductor de agua de alto rango, mejora la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ = 350 kg/cm². Se utilizaron tres dosificaciones (1.2%, 1.4%, y 1.7% en peso del cemento) y se concluyó que una dosificación del 1.7% aumentó la resistencia en un 28.21% a los 7 días y un 14.92% a los 28 días, en comparación con una mezcla sin aditivo. El estudio resalta que el aditivo permite obtener concretos de alta resistencia con baja relación agua/cemento, mejorando la trabajabilidad y reduciendo la mano de obra necesaria para su colocación

En otro estudio realizado por Incio Abanto (2015), se investigó el efecto del aditivo Chema 3 en la resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento Portland Tipo I y agregados de río en Cajamarca. La investigación demostró que las mezclas con este aditivo presentaron un incremento en la resistencia a la compresión a los 3 y 7 días en un 29.37% y 28.58% respectivamente, en comparación con mezclas sin aditivo, mientras que a los 28 días ambos tipos de mezclas mostraron resistencias similares por encima del diseño especificado.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Aditivos para el concreto.

Los aditivos son materiales añadidos al concreto, además del cemento Portland, el agua y los agregados, y se incorporan a la mezcla antes o durante el mezclado para modificar sus propiedades en estado fresco o endurecido. Su uso puede mejorar diversas características del concreto, como la trabajabilidad, la resistencia, la durabilidad y la apariencia, y facilitar su colocación bajo condiciones específicas. Los tipos de aditivos más comunes incluyen (ACI Committee 212., 2010):

1. **Aditivos Incorporadores de Aire:** Estos aditivos introducen pequeñas burbujas de aire en la mezcla de concreto, mejorando su resistencia a ciclos de congelación y deshielo, y a los efectos del deshielo químico. Además, aumentan la trabajabilidad y reducen la segregación y el sangrado (ACI 212.3R-10).
2. **Aditivos Reductores de Agua y Plastificantes:** Los aditivos reductores de agua permiten reducir la cantidad de agua necesaria para alcanzar una cierta consistencia, lo que aumenta la resistencia a la compresión y reduce la permeabilidad del concreto. Los plastificantes, o superplastificantes, son un tipo de aditivo reductor de agua de alto rango que permite una gran reducción de agua y mejora significativamente la fluidez sin aumentar el contenido de agua (ACI 212.3R-10).
3. **Aditivos Aceleradores y Retardadores:** Los aceleradores de fraguado y de endurecimiento se utilizan para acelerar las reacciones de hidratación del cemento, lo cual es útil en climas fríos o cuando se requiere un fraguado rápido. Por otro lado, los retardadores ralentizan el tiempo de fraguado del concreto, lo que es beneficioso en climas cálidos o cuando se necesita un tiempo de trabajo más prolongado (ACI Committee 212, 2010).
4. **Aditivos de Control de Hidratación:** Estos aditivos permiten controlar el proceso de hidratación del cemento, especialmente útil en situaciones donde es necesario detener temporalmente la hidratación, como en el transporte prolongado del concreto (ACI 212.3R-10).

5. **Inhibidores de Corrosión y Reductores de Retracción:** Los inhibidores de corrosión protegen las barras de refuerzo de acero contra la corrosión, mientras que los reductores de retracción reducen las grietas que pueden formarse debido a la contracción del secado del concreto (ACI Committee 212, 2010).

2.2.2. Razones para el uso de aditivos:

El uso de aditivos puede mejorar significativamente las propiedades del concreto, especialmente bajo condiciones adversas. Las principales razones para utilizar aditivos incluyen (ACI Committee 212, 2010):

1. **Reducción de costos de construcción** mediante la optimización de la mezcla y la reducción de materiales.
2. **Obtención de propiedades específicas** que no se lograrían fácilmente solo con la mezcla estándar de cemento, agregados y agua.
3. **Mejora de la calidad del concreto** durante el mezclado, transporte, colocación y curado en condiciones climáticas adversas.
4. **Resolución de emergencias operativas** durante el proceso de mezcla, transporte y colocación.
5. Clasificación de Aditivos para el concreto según la norma ASTM C494/C494M-08a y NTP 334.088.

En la Tabla 1 se presenta una clasificación detallada de los aditivos para concreto, la cual sigue las especificaciones de la norma ASTM C494. Asimismo, esta clasificación se estandariza en la norma peruana NTP 334.088, utilizada ampliamente en la industria de la construcción para asegurar la calidad y desempeño del concreto modificado con aditivos. Estas normas establecen criterios claros para cada tipo de aditivo en función de los efectos deseados en el comportamiento del concreto, como la reducción de agua, el fraguado acelerado o retardado, y la mejora de la fluidez.

Tabla 1
Aditivos de Concreto Según su Clasificación

Tipo de Aditivo	Efecto Deseado
Tipo A	
Reductor de agua y acelerador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y acelerar el fraguado
Tipo B	
Superplastificante	Aumentar la fluidez del concreto Disminuir la relación agua-cemento
Tipo C	
Acelerador	Acelerar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia temprana
Tipo D	
Reductor de agua de alto rango	Reducir en hasta 12% el contenido de agua
Tipo E	
Reductor de agua y retardador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y retardar el fraguado
Tipo F	
Reductor de agua de alto rango y retardador	Reducir en hasta 12% el contenido de agua y retardar el fraguado
Tipo G	
Reductor de agua de medio rango	Reducir el contenido de agua de 6% a 12% sin retardo del fraguado
Reductor de Retracción	Disminuir la retracción por secado
Retardador	Retardar el tiempo de fraguado

Fuente: INACAL-NTP 334.088, 2015

2.2.3. Aditivos plastificantes o aditivos reductores de agua.

Los aditivos plastificantes, también conocidos como reductores de agua, se emplean para disminuir la cantidad de agua necesaria en la mezcla de concreto, permitiendo así obtener un asentamiento específico, reducir la relación agua-cemento, disminuir el contenido de cemento o aumentar el asentamiento sin comprometer la consistencia de la mezcla. Estos aditivos son esenciales en el diseño de concretos de alta calidad, ya que contribuyen a mejorar la trabajabilidad sin alterar el contenido de agua o a reducirlo entre un 5% y un 10% (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

La inclusión de un aditivo reductor de agua, sin ajustar la cantidad de agua, puede incrementar el asentamiento de la mezcla, lo que la hace más fluida y fácil de manejar. Sin embargo, su principal beneficio radica en la disminución de la

relación agua-cemento, lo que resulta en un aumento significativo de la resistencia del concreto. En mezclas con cantidades iguales de cemento, aire y revenimiento, la resistencia a la compresión a 28 días de un concreto con un aditivo reductor de agua puede ser entre un 10% y un 25% mayor en comparación con una mezcla sin aditivo

No obstante, es importante tener en cuenta que, a pesar de la reducción en el contenido de agua, el uso de estos aditivos puede aumentar la retracción por secado, lo que puede llevar a la aparición de fisuras debido a la contracción por desecación. Por ello, es fundamental evaluar el impacto de los aditivos en las propiedades de retracción del concreto para evitar problemas a largo plazo en la durabilidad del material. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.2.4. Aditivos plastificantes o aditivos reductores de agua de medio rango.

Los aditivos plastificantes o reductores de agua de medio rango permiten una reducción significativa del contenido de agua en el concreto, generalmente entre un 6% y un 12%, sin los efectos adversos asociados a los reductores de agua convencionales. Estos aditivos son particularmente efectivos en mezclas con asentamientos de entre 125 y 200 mm (5 a 8 pulgadas), donde se busca mejorar la trabajabilidad sin retrasar el tiempo de fraguado, lo que los diferencia de los reductores de agua normales, que se recomiendan para concretos con asentamientos menores, entre 100 y 125 mm (4 a 5 pulgadas) (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

El uso de reductores de agua de medio rango es beneficioso para disminuir la viscosidad de la mezcla, facilitando el acabado superficial y mejorando la bombeabilidad del concreto, especialmente en aquellas mezclas que contienen humo de sílice u otros materiales cementantes suplementarios. Estos aditivos son ideales para aplicaciones que requieren un concreto más fluido y manejable, sin comprometer la resistencia ni la calidad del fraguado. Además, algunos de estos aditivos pueden incorporar aire, lo que los hace útiles en concretos de bajo asentamiento cuando se busca mejorar la durabilidad y resistencia al ciclo hielo-deshielo. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.2.5. Aditivos plastificantes o aditivos reductores de agua de alto rango

Según Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (2004), los aditivos reductores de agua de alto rango, también conocidos como aditivos de alta actividad o alto efecto, se utilizan para lograr los mismos beneficios que los aditivos reductores de agua convencionales, pero con una mayor eficiencia. Estos aditivos, clasificados en la norma ASTM C494 (AASHTO M194) como Tipo F (reductor de agua) y Tipo G (reductor de agua con retardador de fraguado), permiten reducir considerablemente la demanda de agua, así como el contenido de cemento en la mezcla, lo que facilita la producción de concretos con baja relación agua-cemento, alta resistencia a la compresión y una trabajabilidad normal o alta.

La reducción de agua proporcionada por estos aditivos oscila entre el 12% y el 30%, permitiendo la producción de concretos con resistencias a la compresión superiores a los 715 kg/cm² (70 MPa), un desarrollo más rápido de las resistencias tempranas, y una menor penetración de iones cloruro, lo cual mejora la durabilidad del concreto. Estas propiedades se asocian a la baja relación agua-cemento, que también contribuye a reducir la porosidad y mejorar la resistencia general del concreto (Kosmatka et al., 2004).

En comparación con los reductores de agua convencionales, los reductores de agua de alto rango son más eficientes en mejorar la trabajabilidad del concreto. Sin embargo, la significativa reducción en el contenido de agua puede disminuir el sangrado (exudación), lo que en algunas situaciones puede generar dificultades en el acabado, especialmente en superficies planas bajo condiciones de secado rápido. Además, algunos de estos aditivos pueden provocar una gran pérdida de revenimiento y retrasar considerablemente el tiempo de fraguado, lo que incrementa el riesgo de fisuración por retracción plástica si no se toman medidas adecuadas de protección y curado.

Cuando estos productos químicos se utilizan para producir concretos fluidos o altamente plásticos, suelen denominarse plastificantes o superplastificantes (también conocidos como superfluidificantes o superfluidizantes). Estos aditivos permiten una mayor fluidez sin comprometer la resistencia del concreto, lo que los convierte en elementos clave en la elaboración de concretos de alta performance (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.2.6. Propiedades del Sikament 290N en relación con la resistencia y trabajabilidad del concreto y afectación en el costo del concreto.

El aditivo Sikament 290N es un aditivo polifuncional que puede actuar como plastificante o superplastificante, dependiendo de la dosificación utilizada, lo cual permite un control preciso sobre la trabajabilidad y la relación agua-cemento. Según su ficha técnica, Sikament 290N tiene la capacidad de reducir hasta el 20% del agua de la mezcla, sin comprometer la manejabilidad, lo que contribuye significativamente al desarrollo de resistencias mecánicas superiores y una mayor impermeabilidad, factores esenciales para el diseño de concretos de alto rendimiento.

Este aditivo es adecuado para mezclas diseñadas para altas resistencias a la compresión, tal como se menciona en el objetivo de la tesis (210 kg/cm²), ya que al reducir la cantidad de agua y mejorar la adherencia a las armaduras, facilita la creación de concretos durables y de alta calidad. Además, Sikament 290N es particularmente útil para concretos bombeados y transportados a largas distancias, permitiendo mantener la trabajabilidad y evitar la segregación o exudación, propiedades críticas para garantizar la uniformidad y calidad de las estructuras construidas.

El cumplimiento de las normas ASTM C 494, en las clasificaciones Tipo D (plastificante) y Tipo G (superplastificante), asegura que el Sikament 290N es un aditivo que no solo cumple con los estándares internacionales, sino que también ofrece flexibilidad en su uso dependiendo de los requisitos específicos del proyecto, como es el caso de la presente investigación que evalúa su impacto en diferentes dosificaciones sobre la resistencia, tiempo de fraguado y costos. (Sika Perú S.A.C., 2020)

Las propiedades del Sikament 290N lo hacen adecuado para cumplir con los objetivos del estudio, que buscan evaluar su impacto en los siguientes aspectos:

- Resistencia a la compresión: Al reducir significativamente el contenido de agua y mejorar la trabajabilidad del concreto, Sikament 290N permite obtener una mezcla con una relación agua-cemento más baja. Esto generalmente se traduce en una mayor resistencia a la compresión, lo cual será evaluado en las distintas dosificaciones (0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y

1.1%) para determinar su influencia en los resultados de resistencia a lo largo del tiempo. (Sika Perú S.A.C., 2020)

- Tiempo de fraguado: En su clasificación Tipo G, Sikament 290N actúa como superplastificante y retardador, lo que puede extender el tiempo de fraguado. Esto es importante para determinar si las dosificaciones del aditivo permiten ajustar el fraguado según los requisitos del proyecto, ya sea para aplicaciones de fraguado rápido o para retardar el tiempo de endurecimiento en condiciones específicas. (Sika Perú S.A.C., 2020)
- Costo por metro cúbico de concreto: Al mejorar la trabajabilidad y reducir la cantidad de agua necesaria en la mezcla, el uso del Sikament 290N puede optimizar la relación costo-beneficio. La reducción de agua permite utilizar menos cemento, lo que puede reducir los costos sin comprometer la calidad del concreto, mejorando la eficiencia en el proceso de construcción. Al emplear este aditivo bajo las condiciones descritas en el objetivo general (relación agua-cemento de 0.66, resistencia a compresión de 210 kg/cm², y asentamiento de 4 a 6 pulgadas), se espera obtener un concreto con alta trabajabilidad, mayor durabilidad y resistencia optimizada, cumpliendo con las normativas internacionales ASTM C494. Esto garantiza la fiabilidad y replicabilidad de los resultados del estudio (Sika Perú S.A.C., 2020)

2.2.7. Relación agua-cemento y su impacto en la resistencia a la compresión.

La relación agua-cemento (a/c) es uno de los factores más críticos en la durabilidad y resistencia del concreto. Esta relación influye directamente en la resistencia a la compresión del material, ya que un menor contenido de agua reduce la porosidad en el concreto endurecido. Según el ACI 212.3R-16, la relación agua-cemento tiene una correlación directa con la resistencia a largo plazo y la durabilidad del concreto, mientras que un exceso de agua incrementa el riesgo de segregación y retracción. El uso de aditivos, como el Sikament 290N, permite reducir la cantidad de agua manteniendo la trabajabilidad adecuada, lo que genera una mayor resistencia y menor permeabilidad (ACI 212.3R-16). Para la tesis, la evaluación de distintas dosificaciones de este aditivo en una mezcla con relación a/c de 0.66 ayudará a comprender su influencia sobre la resistencia a la compresión a 28 días. (American Concrete Institute, 2016)

2.2.8. Efectos de los aditivos en el tiempo de fraguado del concreto

El tiempo de fraguado del concreto es otro parámetro esencial que influye en la calidad y la viabilidad de su aplicación. Los aditivos plastificantes y superplastificantes, como el Sikament 290N, tienen la capacidad de retardar o acelerar el fraguado, dependiendo de la dosificación. De acuerdo con el ACI 212.3R-16, los superplastificantes Tipo G permiten un mayor control del tiempo de fraguado, extendiéndolo en condiciones de altas temperaturas o donde se requiere una mayor manejabilidad del concreto. Esto es crucial en proyectos que requieren tiempos de colocación prolongados o en ambientes cálidos donde el concreto podría fraguar demasiado rápido. Evaluar las distintas dosificaciones en la tesis proporcionará información valiosa sobre el impacto del Sikament 290N en el tiempo de fraguado para adecuarlo a las necesidades del proyecto. (American Concrete Institute, 2016)

2.2.9. Influencia de los aditivos en la durabilidad del concreto

Los aditivos como el Sikament 290N también tienen un impacto directo en la durabilidad del concreto. Al reducir el contenido de agua y mejorar la impermeabilidad, el concreto se vuelve más resistente a factores de deterioro como la penetración de cloruros, ciclos de congelación y deshielo, y ataques químicos. Según el ACI 212.3R-16, los superplastificantes no solo mejoran la resistencia, sino que también prolongan la vida útil del concreto al minimizar los efectos de agentes agresivos externos. Este aspecto es crucial en proyectos de larga duración donde la durabilidad es una preocupación principal. En la tesis, el análisis de cómo el Sikament 290N afecta la durabilidad del concreto podría incluir la evaluación de resistencia al ataque de cloruros y otros agentes dañinos. (American Concrete Institute, 2016)

2.2.10. Evaluación del costo-beneficio del uso de aditivos en el concreto

El costo-beneficio del uso de aditivos como el Sikament 290N es un tema clave, ya que permite optimizar los recursos, al reducir tanto el contenido de agua como el contenido de cemento, sin comprometer la calidad de la mezcla. De acuerdo con el ACI 212.3R-16, los superplastificantes pueden ayudar a mejorar la eficiencia en el uso de los materiales, reduciendo los costos sin afectar la

resistencia o trabajabilidad del concreto. Esto es especialmente útil en grandes proyectos donde el costo del concreto por metro cúbico puede representar un porcentaje significativo del presupuesto total. El análisis en la tesis del Sikament 290N en relación con su costo en función de las distintas dosificaciones podría proporcionar una evaluación detallada de su impacto económico. (American Concrete Institute, 2016)

2.2.11. Estimación de la Resistencia del Concreto a diferentes edades Según la ACI 209R-08

La ACI 209R-08 proporciona un modelo para predecir la resistencia a compresión del concreto en cualquier momento t , a partir de su resistencia estimada a los 28 días. Este modelo es esencial para evaluar la evolución de la resistencia del concreto a lo largo del tiempo bajo diferentes condiciones de curado. La ecuación general para esta predicción es:

$$f_{cmt} = \frac{t}{a + bt} \cdot f_{cm28}$$

Donde:

- f_{cmt} es la resistencia media a compresión a la edad t (días),
- f_{cm28} es la resistencia media a los 28 días,
- a y bt son constantes que dependen del tipo de cemento y el método de curado utilizado.

Los valores de las constantes a y bt están tabulados en la Tabla A.4 del ACI 209R-08 para los tipos de cemento más utilizados y las condiciones de curado más comunes.

Este modelo permite ajustar las predicciones de resistencia del concreto según el tipo de cemento y las condiciones de curado. Para el cemento Tipo I curado en húmedo, los valores de $a = 4.0$ y $b = 0.85$ se utilizan para calcular la resistencia a edades tempranas, como a los 7 o 28 días. Estos cálculos son fundamentales para determinar la capacidad de carga de estructuras de concreto antes de alcanzar su resistencia final a los 28 días.

El enfoque de la ACI 209R-08 también contempla otros factores como la relación volumen-superficie, el tiempo de carga y la humedad relativa, que afectan el comportamiento a largo plazo del concreto, incluyendo su resistencia y deformaciones por fluencia y retracción. (ACI Committee 209, 2008)

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general.

La adición del aditivo Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% mejorará la resistencia a compresión del concreto entre un 10% y 25%, retrasará los tiempos de fraguado inicial y final entre un 10% y 30%, y reducirá el costo total por metro cúbico de concreto en un rango de 0.5% a 2%, en comparación con el concreto sin aditivo, optimizando el uso de cemento y agua y mejorando la trabajabilidad en estado fresco.

3.1.2 Hipótesis específicas.

- a. Resistencia a compresión (Hipótesis para el objetivo específico a): El uso de aditivo Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% incrementará la resistencia a compresión del concreto entre un 10% y 25% a los 28 días, en comparación con el concreto sin aditivo.
- b. Tiempo de fraguado (Hipótesis para el objetivo específico b): La adición de Sikament 290N en dosis de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% retrasará los tiempos de fraguado inicial y final del concreto entre un 10% y 30%, proporcionando una mayor ventana de trabajabilidad en relación con el concreto sin aditivo.
- c. Costo por metro cúbico (Hipótesis para el objetivo específico c): El uso de Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% reducirá el costo total por metro cúbico de concreto en un rango de 0.5% a 2%, optimizando el uso de cemento y agua, compensando el costo del aditivo.

3.2. Variables de estudio

a. Variable independiente:

La variable independiente es la que se manipula directamente para observar su efecto en las variables dependientes:

1. Porcentaje de reemplazo del aditivo Sikament 290N en el peso del cemento:

La variable independiente en este estudio es el porcentaje de Sikament 290N añadido a la mezcla con relación al peso del cemento. Las dosificaciones específicas estudiadas son 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento.

El Sikament 290N es un aditivo plastificante y superplastificante que tiene un impacto directo en la reducción de agua y en la mejora de la trabajabilidad y resistencia del concreto. Al variar las dosificaciones del aditivo, se espera observar cambios en las propiedades del concreto, como la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo. Esta variable es clave para determinar cuál de las dosificaciones tiene un impacto óptimo en la mezcla de concreto, de acuerdo con los objetivos del estudio

b. Variables dependientes

Las variables dependientes son aquellas que se ven afectadas por la manipulación de la variable independiente, en este caso, las dosificaciones del aditivo Sikament 290N. Estas variables son críticas para evaluar el impacto del aditivo en la mezcla de concreto:

1. Resistencia a compresión:

La resistencia a compresión es uno de los principales indicadores del rendimiento del concreto. El aditivo Sikament 290N ayuda a reducir la relación agua-cemento, lo que generalmente mejora la resistencia a compresión del concreto. En este estudio, se espera que las distintas dosificaciones del aditivo aumenten la resistencia entre un 10% y 22% a los 28 días, en comparación con el concreto sin aditivo. Esta variable será medida mediante ensayos de compresión estándar, evaluando las mezclas con distintas dosificaciones del aditivo.

2. Tiempo de fragua:

El aditivo Sikament 290N, en sus dosificaciones más altas (0.9% y 1.1%), tiene la capacidad de retardar el tiempo de fraguado, lo que puede ser beneficioso en climas cálidos o cuando se requiere mayor tiempo de colocación. El tiempo de fragua se espera que aumente entre un 10% y 30%, dependiendo de la dosificación. Esta variable será medida utilizando métodos de ensayo estandarizados para evaluar los tiempos de fraguado inicial y final del concreto.

3. Costo de producción por m³:

El uso del aditivo Sikament 290N tiene el potencial de reducir el contenido de agua y cemento en la mezcla, lo que puede generar ahorros significativos en materiales, sin comprometer la resistencia ni la trabajabilidad del concreto. Se espera que la reducción del contenido de agua y cemento afecte el costo final del concreto por metro cúbico en rangos del 5% al 15%, como se planteó en las hipótesis. Esta variable será evaluada comparando el costo del concreto con diferentes dosificaciones del aditivo respecto al concreto sin aditivos.

3.3. Operacionalización y categorización de los componentes de las hipótesis

3.3.1. Definición conceptual de variables dependientes de estudio:

1. Resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto ensayados a las edades de 7, 28 y 28 días:

La resistencia a compresión es la capacidad del concreto para resistir cargas axiales sin fallar bajo esfuerzos compresivos. Este valor se mide a través de pruebas en especímenes cilíndricos a diferentes edades del concreto, comúnmente a los 7, 28 y 28 días de curado, utilizando métodos estandarizados como la norma ASTM C39 (ASTM International, 2020). El concreto se somete a una carga hasta que el espécimen falla, y se registra el esfuerzo máximo que puede soportar, expresado en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o megapascales (MPa) (ASTM C39, 2020) (ACI Committee 308. , 2016)

2. Fraguado:

El fraguado del concreto es el proceso por el cual la mezcla pasa de un estado plástico a un estado rígido o endurecido. Este proceso se divide en dos fases: fraguado inicial y fraguado final. El tiempo de fraguado se refiere al intervalo entre la mezcla y el momento en que el concreto ha alcanzado suficiente rigidez como para no deformarse bajo presión. Según la ASTM C403, el fraguado puede variar dependiendo de factores como la temperatura, la humedad relativa y el contenido de aditivos en la mezcla. En condiciones normales, el fraguado final ocurre entre las 6 y 10 horas, aunque el uso de aditivos como el Sikament 290N puede extender este tiempo. (ASTM C403, 2020) (ACI Committee 318., 2016)

3. El costo de producción del concreto:

El costo de producción del concreto se refiere al costo total por producir un metro cúbico (m³) de concreto. Este cálculo incluye todos los insumos necesarios, como los materiales (cemento, agregados, agua, aditivos),

mano de obra, herramientas y equipos. También puede tener en cuenta el costo de transporte y bombeo del concreto, si es necesario. El uso de aditivos como el Sikament 290N puede impactar este costo, ya que permite reducir el contenido de agua y cemento, lo que podría generar ahorros significativos. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

3.3.2. Definición Operacional de variables dependientes de estudio.

1. Resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto ensayados a las edades de 7, 28 y 28 días:

Esta variable se midió en unidades de presión (kg/cm^2), de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma ASTM C39, la cual especifica el ensayo de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Los especímenes fueron moldeados y curados siguiendo las directrices de esta norma para garantizar la consistencia en el proceso. Después del curado, los especímenes fueron sometidos a compresión axial en una máquina de ensayos hasta que alcanzaron el punto de fractura. La resistencia a compresión fue calculada dividiendo la máxima carga soportada por el área de la sección transversal del espécimen.

El procedimiento incluyó la preparación de las muestras con diferentes dosificaciones de Sikament 290N y su posterior ensayo a los 7 y 28 días de curado. La medición de esta variable permitió determinar la capacidad del concreto para soportar cargas bajo esfuerzos de compresión, siendo un indicador clave de su durabilidad y calidad estructural.

2. Fraguado:

El tiempo de fraguado se definió como el intervalo de tiempo necesario para que el concreto pase de un estado plástico a uno rígido. Esta variable se midió mediante el método de penetración, conforme a la norma ASTM C403, que establece los procedimientos para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto. Se utilizaron equipos

especializados para medir la resistencia a la penetración de agujas en la mezcla fresca, hasta que esta alcanzó los valores predefinidos de rigidez.

El tiempo de fraguado fue registrado como fraguado inicial (cuando el concreto comenzó a endurecerse) y fraguado final (cuando el concreto se tornó completamente rígido). Este proceso dependía de las condiciones ambientales y de la dosificación del aditivo Sikament 290N, ya que se sabe que los aditivos pueden modificar significativamente el tiempo de fraguado de las mezclas.

3. El costo de producción del concreto:

El costo de producción del concreto se calculó como el costo total de fabricar 1 metro cúbico (m^3) de concreto. Esta variable incluyó los costos de los materiales utilizados en la mezcla (cemento, agregados, agua y aditivos), así como los costos de mano de obra, herramientas y equipos necesarios para la producción. El proceso de cálculo fue realizado a partir de los precios unitarios de cada componente y considerando las cantidades especificadas en la dosificación de la mezcla.

El costo de producción también incluyó el uso del aditivo Sikament 290N, el cual, aunque implicaba un costo adicional, se esperaba que generara ahorros en la reducción del contenido de cemento y agua necesarios para obtener las propiedades requeridas del concreto. Para determinar el costo final, se sumaron todos los insumos directos y se promediaron en función de las cantidades utilizadas en cada mezcla.

Tabla 2

Tabla de operacionalización y categorización de los componentes de las hipótesis

Tesis: "INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CANTIDADES DE CEMENTO Y ADITIVO SIKAMENT 290N PARA UN CONCRETO F' C=210 KG/CM2 CON UN SLUMP DE 4"-6" EN COSTO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUA"				
Hipótesis	Definición conceptual de las variables categorías	Definición operacional de las variables categorías		
		Variable categorías	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de
<p>Hipótesis General: La adición del aditivo Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% mejorará la resistencia a compresión del concreto entre un 10% y 25%, retrasará los tiempos de fraguado inicial y final entre un 10% y 30%, y reducirá el costo total por metro cúbico de concreto en un rango de 0.5% a 2%, en comparación con el concreto sin aditivo, optimizando el uso de cemento y agua y mejorando la trabajabilidad en estado fresco.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad del material para soportar esfuerzos compresivos sin fallar. Se mide en kg/cm² o MPa, y es un indicador clave de la calidad estructural del concreto. - El fraguado es el proceso en el que el concreto pasa de un estado plástico a uno rígido. El tiempo de fraguado incluye el fraguado inicial (comienzo del endurecimiento) y el fraguado final (endurecimiento completo). - El costo de producción del concreto es el costo unitario estimado para producir 1 m³ de concreto, tomando en cuenta todos los recursos necesarios, como materiales, mano de obra, herramientas y equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia en kg/cm² - Minutos/segundos - Costo total en Soles /m³ de concreto 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de resistencia a la compresión según ASTM C39 en especímenes cilíndricos. - Registro de los datos en las edades de 3, 7 y 28 días. - Ensayo de tiempo de fraguado conforme a ASTM C403. - Registro de los tiempos de fraguado inicial y final. - Toma y registro de los costos de cada insumo utilizado. Y Búsqueda de precios estándar en el mercado local. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión según la norma ASTM C39 en especímenes cilíndricos. - Se registraron los datos de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días. - Se realizaron ensayos de tiempo de fraguado de acuerdo con la norma ASTM C403. - Se registraron los tiempos de fraguado inicial y final. - Se tomaron y registraron los costos de cada insumo utilizado. - Se buscaron precios estándar en el mercado local

Tesis: "INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE CANTIDADES DE CEMENTO Y ADITIVO SIKAMENT 290N PARA UN CONCRETO F' C=210 KG/CM2 CON UN SLUMP DE 4"-6" EN COSTO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y TIEMPO DE FRAGUA"

Hipótesis	Definición conceptual de las variables categorías	Definición operacional de las variables categorías		
		Variable categorías	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de
<p>Hipótesis específica sobre resistencia a compresión a: El uso de aditivo Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% incrementará la resistencia a compresión del concreto entre un 10% y 25% a los 28 días, en comparación con el concreto sin aditivo.</p>	<p>La resistencia a compresión del concreto es la capacidad del material para soportar esfuerzos compresivos sin fallar. Se mide en kg/cm² o MPa, y es un indicador clave de la calidad estructural del concreto.</p>	<p>Se evaluará la resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a los 3, 7 y 28 días, sometidos a cargas axiales hasta la ruptura. Se aplicará el ensayo bajo la norma ASTM C39.</p>	<p>Resistencia en kg/cm².</p>	<p>- Ensayo de resistencia a la compresión según ASTM C39 en especímenes cilíndricos.</p> <p>- Registro de los datos en las edades de 3, 7 y 28 días.</p>
<p>Hipótesis específica sobre tiempos de fraguado b: La adición de Sikament 290N en dosis de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% retrasará los tiempos de fraguado inicial y final del concreto entre un 10% y 30%, proporcionando una mayor ventana de trabajabilidad en relación con el concreto sin aditivo.</p>	<p>El fraguado es el proceso en el que el concreto pasa de un estado plástico a uno rígido. El tiempo de fraguado incluye el fraguado inicial (comienzo del endurecimiento) y el fraguado final (endurecimiento completo).</p>	<p>Se medirá el tiempo de fraguado utilizando el método de penetración descrito en la norma ASTM C403. Se registrarán los tiempos de fraguado inicial y final para las mezclas con diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N.</p>	<p>Minutos/segundos.</p>	<p>- Ensayo de tiempo de fraguado conforme a ASTM C403.</p> <p>- Registro de los tiempos de fraguado inicial y final.</p>
<p>Hipótesis específica sobre costo c: El uso de Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% reducirá el costo total por metro cúbico de concreto en un rango de 0.5% a 2%, optimizando el uso de cemento y agua, compensando el costo del aditivo.</p>	<p>El costo de producción del concreto es el costo unitario estimado para producir 1 m³ de concreto, tomando en cuenta todos los recursos necesarios, como materiales, mano de obra, herramientas y equipos.</p>	<p>Se calculará el costo unitario de producción de 1 m³ de concreto, considerando los costos de los insumos (cemento, agregados, agua, aditivo Sikament 290N) y mano de obra. Se registrarán estos costos para cada dosificación del aditivo.</p>	<p>Costo total en Soles /m³ de concreto.</p>	<p>- Toma y registro de los costos de cada insumo utilizado. - Búsqueda de precios estándar en el mercado local.</p>

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Cajamarca, que es la capital de la provincia y del departamento del mismo nombre, ubicada en la región norte de Perú. Cajamarca se sitúa en la parte superior oeste de la cuenca del río Cajamarca, en la margen izquierda del río Mashcón. Las coordenadas geográficas de la ciudad son 7°09'12" de latitud sur y 78°30'57" de longitud oeste, con una altitud promedio de 2,750 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Cajamarca es reconocida por su clima templado andino y su estratégica ubicación geográfica, lo que la convierte en un lugar propicio para estudios en construcción, como este, ya que las condiciones topográficas y climáticas influyen en el comportamiento de los materiales de construcción, incluyendo el concreto. Estas características también permiten una mejor interpretación de los resultados obtenidos en el estudio, en cuanto a la influencia de factores ambientales sobre el concreto.

4.2. Diseño de la investigación

4.2.1. Tipo de Investigación

El presente estudio se clasifica como una investigación experimental, ya que implica la manipulación de una variable independiente, en este caso, la dosificación del aditivo Sikament 290N, para evaluar su impacto en variables dependientes como la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo por metro cúbico de concreto. La investigación experimental se caracteriza por permitir el control riguroso de las condiciones y la comparación de los resultados obtenidos mediante pruebas cuantitativas.

En este estudio, se prepararon diferentes mezclas de concreto con varias dosificaciones de Sikament 290N (0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1%) y se compararon con un concreto patrón sin aditivo. Estas dosificaciones fueron tratadas como la variable independiente, mientras que las variables dependientes incluyeron la resistencia a compresión a distintas edades, el tiempo de fraguado y el costo por producción.

El enfoque experimental permitió medir de forma precisa el impacto del aditivo en cada una de estas propiedades a través de ensayos normalizados, como el de resistencia a compresión según ASTM C39 y el ensayo de fraguado de acuerdo a ASTM C403. Además, el análisis cuantitativo de los resultados permitió establecer rangos de mejora o variación en las propiedades del concreto, facilitando una comparación estadística y la validación de las hipótesis planteadas.

Este diseño de investigación garantiza resultados replicables y confiables, ya que las condiciones de ensayo fueron controladas cuidadosamente, y las pruebas se realizaron bajo estándares internacionales.

4.2.2. Etapas de la investigación

El desarrollo de la investigación siguió un proceso metódico dividido en varias etapas secuenciales, diseñadas para garantizar la precisión en los resultados obtenidos en los ensayos de concreto con y sin aditivo Sikament 290N.

a. Ensayos de los agregados

En la primera etapa, se realizaron los ensayos físicos y mecánicos correspondientes a los agregados extraídos de las canteras seleccionadas. Estos ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con las normativas ASTM C33M-11 o NPT 400.037, que especifican las características que deben cumplir los agregados para su uso en concreto. Los resultados obtenidos en esta etapa permitieron determinar propiedades clave, como el tamaño máximo de los agregados, la densidad, y la absorción de agua, necesarios para el diseño de la mezcla de concreto.

b. Diseño de mezclas de concreto

Una vez determinados los parámetros de los agregados, se procedió a la etapa de diseño de mezclas utilizando el método ACI 211, basado en las especificaciones de la ASTM C33M-11 o NPT 400.037. El objetivo fue elaborar una mezcla de concreto diseñada para alcanzar una resistencia característica de 210 kg/cm². Los agregados procesados fueron provenientes de la planta DINO - Llacanora, ubicada en el río Cajamarquino.

c. Elaboración de mezclas de prueba

Con el diseño de mezcla aprobado, se prepararon varias mezclas de prueba. Estas mezclas permitieron verificar la coherencia del diseño y ajustar las proporciones de los componentes, en caso de ser necesario, antes de producir las muestras finales.

d. Ajuste del diseño de mezclas

En esta etapa se realizaron los ajustes correspondientes al diseño de mezcla, basados en los resultados obtenidos de las mezclas de prueba. Estos ajustes garantizaron que la mezcla cumpliera con los parámetros esperados en términos de trabajabilidad, asentamiento y resistencia.

e. Vaciado de las probetas estándar sin aditivo (Muestras patrón)

A continuación, se procedió al vaciado o colado de las probetas estándar de concreto sin aditivo. Estas probetas funcionaron como muestras patrón, utilizadas para comparar los resultados obtenidos con los especímenes que contenían el aditivo Sikament 290N.

f. Elaboración de especímenes con Sikament 290N

Posteriormente, se elaboraron los especímenes de concreto utilizando el aditivo Sikament 290N en las diferentes dosificaciones (0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1%). El proceso incluyó el mismo método de colado y curado aplicado a las muestras patrón.

g. Pruebas de tiempo de fraguado.

Se realizaron pruebas para medir el tiempo de fraguado inicial y final de las mezclas de concreto, utilizando métodos estandarizados de penetración, siguiendo la norma ASTM C403. Estas pruebas se realizaron tanto en las muestras con aditivo como en las muestras patrón.

h. Ensayo de compresión axial en especímenes.

Los especímenes elaborados sin aditivo se sometieron a ensayos de compresión axial a los 3, 7 y 28 días, de acuerdo con la norma ASTM C39. Estos ensayos permitieron obtener una referencia de la resistencia del concreto sin aditivos, que fue comparada posteriormente con los resultados de los especímenes que contenían el aditivo.

i. Cálculo del costo del concreto

Se realizó un análisis detallado del costo de producción del concreto, tomando en cuenta las diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N y los costos asociados a los materiales, mano de obra y equipos utilizados en el proceso de elaboración de las mezclas.

j. Análisis y comparación de resultados

Finalmente, se llevó a cabo el análisis y comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio. Los datos de resistencia a compresión, tiempo de fraguado y costos fueron evaluados para determinar el impacto del aditivo Sikament 290N en las propiedades mecánicas y económicas del concreto, comparándolos con los valores del concreto sin aditivo.

4.2.3. Estrategias, actividades y procedimientos para la obtención de datos.

Para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos, se implementaron diversas estrategias y procedimientos técnicos durante los ensayos experimentales de esta investigación. Todos los ensayos se llevaron a cabo utilizando equipos y materiales debidamente calibrados, los cuales contaban con certificados de calibración válidos y actualizados. Esto permitió minimizar cualquier variabilidad o error técnico en las mediciones.

Los ensayos fueron realizados siguiendo las normas técnicas específicas de acuerdo con el tipo de prueba, como las normas ASTM y NTP, así como las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI), todas actualizadas al año 2018. Estas normativas garantizan que los procedimientos se alineen con los estándares internacionales, lo que permite la replicación de los resultados en futuros estudios.

El proceso experimental fue supervisado por el tesista, mientras que los técnicos capacitados en concreto fueron los responsables de ejecutar los ensayos. Estas pruebas incluyeron, entre otras, los ensayos de resistencia a compresión (ASTM

C39), tiempo de fraguado (ASTM C403), y pruebas de dosificación y mezcla conforme a las normas de diseño ACI. La participación activa del tesista en la supervisión y control del proceso aseguró que los datos obtenidos fuesen confiables y válidos para su análisis posterior.

El uso de instrumentos calibrados, la capacitación técnica del equipo y el cumplimiento riguroso de normativas internacionales, contribuyeron a obtener datos precisos y reproducibles, fundamentales para garantizar la validez del estudio y para cumplir con los objetivos de la investigación.

4.3. Diseño de Experimento

Se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) para evaluar el efecto de diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N en las propiedades del concreto, específicamente en la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días. Este diseño es apropiado dado que los ensayos se llevaron a cabo en un entorno de laboratorio con variables controladas.

Unidades experimentales: Especímenes cilíndricos de concreto de 10 cm x 20 cm.

Control de variables extrañas: Se utilizaron los mismos materiales (cemento, agregados, agua) para todos los tratamientos, Se siguió un procedimiento estandarizado para la mezcla y el curado del concreto y los ensayos se realizaron en un laboratorio con temperatura y humedad controladas.

Réplicas: Se utilizaron 15 réplicas por tratamiento para aumentar la precisión de los resultados y reducir el error experimental, Se elaboraron 15 especímenes por cada dosificación de Sikament 290N, incluyendo el control sin aditivo. Si bien este número se determinó en parte por conveniencia, se consideró que 15 réplicas por tratamiento eran suficientes para obtener resultados precisos y representativos del comportamiento del concreto con diferentes dosificaciones del aditivo

Análisis de datos: Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de los tratamientos y Se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos cuando el ANOVA indicó diferencias significativas.

4.4. Población y muestra de estudio.

a. Población

La población de estudio está implícita y se refiere a todo el concreto que podría fabricarse con el aditivo Sikament 290N en las dosificaciones especificadas (0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1%). Es decir, todos los posibles especímenes de concreto que se podrían elaborar con estas características. En esta investigación se emplearon seis tratamientos basados en diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N, con el objetivo de evaluar su impacto en las propiedades del concreto, como la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado, y el costo por metro cúbico. Los tratamientos incluyeron una mezcla patrón sin aditivo y cinco mezclas con incrementos de dosificación del aditivo, como se indica a continuación:

- **Tratamiento 1:** Concreto $f'c=210$ kg/cm² patrón sin adición de SIKAMENT 290N
- **Tratamiento 2:** Concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de 0.3 % de SIKAMENT 290N del peso del cemento dosificado.
- **Tratamiento 3:** Concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de 0.5 % de SIKAMENT 290N del peso del cemento dosificado.
- **Tratamiento 4:** Concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de 0.7 % de SIKAMENT 290N del peso del cemento dosificado.
- **Tratamiento 5:** Concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de 0.9 % de SIKAMENT 290N del peso del cemento dosificado.
- **Tratamiento 6:** Concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de 1.1 % de SIKAMENT 290N del peso del cemento dosificado.

Las dosificaciones seleccionadas para el aditivo Sikament 290N (0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9%, y 1.1%) fueron escogidas basándose en las recomendaciones proporcionadas en la ficha técnica del producto y las características que se querían evaluar en el concreto:

1. Mejoramiento de la trabajabilidad: El Sikament 290N es un aditivo polifuncional que actúa como plastificante o superplastificante dependiendo de la dosificación. En su ficha técnica se indica que, en dosis

bajas como 0.3%, el aditivo actúa principalmente como plastificante, mejorando la trabajabilidad del concreto sin modificar significativamente otros parámetros. Esto es útil en aplicaciones donde se requiere mantener la consistencia del concreto durante períodos cortos de manipulación.

2. Reducción de agua: A partir de dosis superiores como 0.5% y 0.7%, el aditivo reduce significativamente la cantidad de agua en la mezcla (hasta un 20%), lo que aumenta la resistencia a compresión y la impermeabilidad del concreto. Estas dosificaciones permiten que el concreto alcance mejores propiedades mecánicas, lo que resulta especialmente útil en estructuras que requieren mayor durabilidad y resistencia.
3. Retardación del fraguado: Las dosificaciones más altas, como 0.9% y 1.1%, no solo maximizan la reducción de agua y mejoran la resistencia a compresión, sino que también retardan el tiempo de fraguado. Esto es beneficioso en situaciones donde se requiere una mayor manejabilidad del concreto durante el proceso de colocación, como en climas cálidos o en obras donde el transporte del concreto implica distancias largas.
4. Flexibilidad en las dosificaciones: La selección de un rango que va desde 0.3% hasta 1.1% permitió analizar el comportamiento del concreto en diferentes escenarios, desde dosis bajas que actúan como plastificantes, hasta dosis más altas que actúan como superplastificantes, optimizando tanto la trabajabilidad como la resistencia final del concreto.

b. Muestra

La muestra de estudio se compone de 270 especímenes cilíndricos de concreto. Estos especímenes se dividen en 6 grupos (tratamientos) de 45 especímenes cada uno, donde cada grupo representa una dosificación diferente del aditivo Sikament 290N (incluyendo un grupo control sin aditivo).

Para cada uno de los seis tratamientos experimentales, se elaboraron 45 especímenes cilíndricos de concreto (unidades de estudio). Estos especímenes fueron diseñados para someterse a ensayos de resistencia a compresión en tres diferentes edades: 3, 7 y 28 días. De cada tratamiento, se

realizaron 15 especímenes para cada edad de ensayo, lo que asegura una evaluación precisa de la evolución de la resistencia a lo largo del tiempo.

En total, se ensayaron 270 especímenes, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3

Unidades de estudio: Especímenes cilíndricos de concreto para ensayo a resistencia a compresión

Tratamiento	Especímenes ensayados a los 3 días	Especímenes ensayados a los 7 días	Especímenes ensayados a los 28 días	Total
C-SIN SIKAMENT 290N	15	15	15	45
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	15	15	45
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	15	15	45
C-0.7 % SIKAMENT 290N	15	15	15	45
C-0.9 % SIKAMENT 290N	15	15	15	45
C-1.1 % SIKAMENT 290N	15	15	15	45
Total:	90	90	90	270

En la investigación se establecieron tres edades de ensayo para los especímenes de concreto: 3 días, 7 días y 28 días, lo cual responde a la necesidad de evaluar el desarrollo progresivo de la resistencia a compresión en las diferentes etapas de curado. Cada una de estas edades tiene una importancia técnica bien fundamentada en las normativas y prácticas internacionales de la ingeniería civil:

1. Ensayo a los 3 días:

El ensayo a los 3 días se realiza para evaluar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto. En esta etapa, el concreto aún se encuentra en las fases iniciales de hidratación del cemento, lo que es crucial para determinar la ganancia de resistencia temprana. Esto es especialmente útil en proyectos donde es importante saber si el concreto puede soportar cargas tempranas o si puede desmoldarse o retirarse el apuntalamiento sin comprometer la estructura. Además, permite verificar si las

dosificaciones del aditivo Sikament 290N aceleran el desarrollo de resistencia en los primeros días.

2. Ensayo a los 7 días:

El ensayo a los 7 días es una práctica común para medir aproximadamente el 65% al 75% de la resistencia final que el concreto alcanzará a los 28 días, según las normas ACI y ASTM. Esta prueba proporciona una referencia intermedia que permite anticipar si el concreto alcanzará o superará la resistencia de diseño a los 28 días. Es particularmente útil en proyectos donde se requiere una toma de decisiones temprana sobre el progreso de la obra o la adecuación del material para su uso final.

3. Ensayo a los 28 días:

El ensayo a los 28 días es el estándar internacional para medir la resistencia característica del concreto, ya que a esta edad el concreto ha completado la mayor parte de su proceso de hidratación, y se considera que ha alcanzado su resistencia nominal de diseño. Esta es la referencia principal en los códigos de construcción, como la norma ACI 318, que especifica que la resistencia a los 28 días es el criterio de diseño utilizado en la mayoría de los proyectos estructurales. Por lo tanto, este ensayo es fundamental para verificar si el concreto con Sikament 290N cumple con los requisitos de diseño y resistencia.

El uso de estas tres edades de ensayo está alineado con las recomendaciones de normas técnicas internacionales como ASTM C39 (ensayo de resistencia a compresión de especímenes de concreto) y ACI 301 (especificaciones de construcción). Estas edades proporcionan una visión integral del comportamiento del concreto a lo largo del tiempo, permitiendo detectar variaciones importantes en las primeras etapas de fraguado y durante el desarrollo de la resistencia final.

Esta secuencia de ensayos también permite evaluar de manera efectiva el impacto del aditivo Sikament 290N en las distintas fases del curado,

facilitando un análisis detallado de los efectos a corto, mediano y largo plazo de su incorporación en el concreto.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Para la recopilación de la información en esta investigación se utilizaron tanto métodos cuantitativos como cualitativos, de acuerdo con las necesidades de cada variable y el enfoque experimental.

4.5.1. Método Cuantitativo

El método cuantitativo se aplicó para medir de manera precisa las variables numéricas de los tratamientos de concreto elaborados, como la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y otras propiedades físicas relevantes del concreto. Para ello, se emplearon diversos equipos e instrumentos del laboratorio de la planta Dino - Llacanora, debidamente calibrados y certificados para garantizar la exactitud de los resultados obtenidos. Entre los principales instrumentos utilizados se destacan:

- Máquina de ensayo a compresión: Utilizada para medir la resistencia de los especímenes de concreto a los 3, 7 y 28 días, siguiendo la normativa ASTM C39.
- Balanzas: Empleadas para la dosificación precisa de los materiales en las mezclas de concreto.
- Calibradores: Utilizados para la medición de dimensiones de los especímenes.
- Tamices ASTM: Utilizados en los ensayos granulométricos de los agregados, siguiendo la norma ASTM C136 para asegurar que los agregados cumplan con los requisitos especificados en el diseño de la mezcla.

4.5.2. Método Cualitativo

El método cualitativo se utilizó para describir y evaluar cualidades observables en las mezclas de concreto, como la trabajabilidad, la apariencia del concreto fresco, el tipo de fractura tras los ensayos de compresión, y el modo de falla de los especímenes. Estas características, aunque no cuantificables de manera directa, son fundamentales para entender el comportamiento del concreto en condiciones reales de trabajo. La observación directa en el laboratorio fue el principal instrumento de recolección de estos datos.

Los aspectos cualitativos se registraron mediante la observación de:

- Trabajabilidad: Evaluada durante la mezcla y colocación del concreto, mediante la prueba de asentamiento (slump test) bajo la norma ASTM C143.
- Apariencia del concreto fresco: Se observó la consistencia visual y homogeneidad de las mezclas con y sin aditivo.
- Modo de falla: Descripción de cómo los especímenes se fracturaron durante los ensayos de compresión, siguiendo los criterios de la ASTM C39.

4.5.3. Normativas Aplicadas

Los procedimientos y técnicas de ensayo siguieron estrictamente las Normas Técnicas Peruanas (NTP), las Normas Técnicas del ACI, las normas ASTM y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Entre los ensayos realizados se incluyeron:

- Ensayos granulométricos para la clasificación de agregados (ASTM C136).
- Ensayos de humedad para determinar el contenido de agua en los agregados.
- Pruebas de consistencia para verificar la trabajabilidad del concreto.
- Ensayos de resistencia a compresión (ASTM C39) para evaluar la capacidad estructural del concreto en función de las dosificaciones de Sikament 290N.

4.6. Equipos, materiales e insumos

4.6.1. Cantera de material para producción de agregado

Los agregados utilizados en esta investigación fueron procesados en la planta DINO - Llacanora, ubicada en las cercanías del río Cajamarquino. La cantera de donde se extrajo el material es un depósito cuaternario fluvial, caracterizado por formaciones sedimentarias transportadas y depositadas por la acción del río. Estas formaciones se acumulan en las riberas, dando lugar a terrazas fluviales que son ricas en materiales adecuados para la producción de agregados.

El material extraído de la cantera consiste en una grava bien gradada con un contenido significativo de arena. Este tipo de agregado presenta una textura gris húmeda, es homogéneo y tiene una baja plasticidad, lo cual lo hace ideal para la producción de concreto de buena calidad. Los cantos son redondeados a sub-angulosos, lo que favorece su uso en mezclas de concreto, ya que mejora la trabajabilidad y la compactación del material en estado fresco.

Este tipo de agregado, al ser de origen fluvial, tiene una granulometría favorable y proporciona una distribución de partículas que permite la optimización del diseño de la mezcla, contribuyendo a mejorar las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a compresión y la durabilidad.

La selección de este tipo de material se basó en su uniformidad y su disponibilidad local, lo cual garantiza su calidad y consistencia a lo largo de todo el proceso experimental.

4.6.2. El cemento utilizado

El cemento que se empleó para elaborar los tratamientos de concreto de estudio fue Cemento portland tipo MS de cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales que cumple con los requisitos de la Norma Técnica ASTM C 150. (ASTM International, 2012).

El Cemento Portland Tipo MS (Moderada Resistencia a los Sulfatos) es utilizado comúnmente en obras que no requieren resistencia adicional a condiciones agresivas, como ataques químicos o ambientales severos. Sin embargo, es ideal para construcciones tradicionales, como:

- Obras de concreto y concreto armado en general.
- Estructuras que requieren rápido desencofrado, como en climas fríos donde el concreto debe adquirir resistencia inicial rápidamente.
- Prefabricados, pavimentos y cimentaciones, donde la resistencia estándar y la facilidad de manejo son prioritarias.

Este cemento fue seleccionado debido a su versatilidad en aplicaciones comunes de construcción y su adecuada respuesta en condiciones de obra estándar. Además, su cumplimiento con las especificaciones técnicas garantiza que las propiedades del concreto fabricado bajo este estudio sean consistentes y adecuadas para una variedad de estructuras.

La elección de este cemento es coherente con los objetivos del estudio, ya que no se requieren propiedades especiales como alta resistencia a los sulfatos o resistencias mecánicas más allá de las especificadas en el diseño de la mezcla.

4.6.3. Agua potable de Planta DINO

El agua utilizada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto provino de la planta DINO, cumpliendo con los límites máximos y mínimos permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Esta normativa asegura que el agua sea apta para consumo humano, y por lo tanto, también adecuada para la producción de concreto.

Adicionalmente, el agua utilizada cumplió con los requisitos de calidad establecidos en la norma NTP 339.088, que regula el uso del agua en la elaboración y curado del concreto. Esta norma garantiza que el agua no contiene impurezas o sustancias químicas que puedan afectar las propiedades del concreto, como la resistencia o el tiempo de fraguado. El uso de agua potable asegura la consistencia y la calidad en las mezclas de concreto, evitando

reacciones perjudiciales que pudieran comprometer los resultados del estudio. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), 1982).

4.6.4. Aditivo utilizado: SIKAMENT 290N

El aditivo empleado en esta investigación fue Sikament 290N, un aditivo polifuncional de la empresa Sika Perú S.A.C. que actúa como plastificante y superplastificante dependiendo de la dosificación utilizada. Este producto cumple con las especificaciones técnicas establecidas en la norma ASTM C494, bajo las clasificaciones Tipo D (reductor de agua y retardador) y Tipo G (superplastificante).

Características del Sikament 290N:

- Plastificante y superplastificante: A bajas dosis (alrededor de 0.3% al 0.5% del peso del cemento), actúa como plastificante, mejorando la trabajabilidad del concreto sin afectar significativamente el contenido de agua. En dosis más altas (0.7% al 1.1%), se comporta como un superplastificante, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla hasta en un 20%.
- Reducción del contenido de agua: Este aditivo permite disminuir el contenido de agua en la mezcla, lo que incrementa la resistencia a compresión y la impermeabilidad del concreto.
- Retardador de fraguado: En dosificaciones mayores (por encima del 0.9%), retarda el tiempo de fraguado, lo que es beneficioso en climas cálidos o en obras donde se requiere mayor tiempo para la colocación y el acabado del concreto.
- Compatibilidad con diversos tipos de cemento: Este aditivo es compatible con la mayoría de los cementos utilizados en la construcción, lo que facilita su aplicación en una amplia variedad de proyectos.

El Sikament 290N es ideal para proyectos donde se requieren mezclas de concreto con alta trabajabilidad, como en el caso de concretos bombeados o

aquellos que deben ser transportados a largas distancias. También es adecuado para estructuras de concreto armado que demandan una mayor resistencia y durabilidad, así como en proyectos donde se busca optimizar costos al reducir el contenido de agua y cemento sin comprometer las propiedades mecánicas del concreto.

4.7. Procesos y toma de datos durante la investigación.

4.7.1. Obtención de propiedades de agregados para el estudio.

El proceso de evaluación de los agregados utilizados en el diseño de las mezclas de concreto fue esencial para garantizar la calidad de los materiales y su cumplimiento con las normativas vigentes. A continuación, se detallan las técnicas aplicadas para la recopilación de datos sobre las propiedades físicas de los agregados, que permitieron verificar si cumplían con los límites permisibles establecidos por las normas ASTM y NTP.

a. Obtención por muestreo y transporte al laboratorio de los agregados de estudio de la cantera

El muestreo de los agregados se realizó según la norma ASTM D75, que describe los procedimientos para la obtención de muestras representativas de agregados almacenados en pilas. Los agregados fueron depositados en sacos de plástico para evitar la pérdida de material fino y luego transportados al laboratorio bajo condiciones controladas. Este proceso garantizó la integridad y representatividad de las muestras.

b. Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo

Para obtener muestras adecuadas para los ensayos, se utilizó el método de cuarteo, descrito en las normas ASTM C702 y NTP 400.043. Este proceso permitió reducir las muestras a un tamaño manejable sin comprometer su representatividad. Se calcularon las masas de las muestras en función de los ensayos a realizar y se tomaron precauciones para evitar contaminación o pérdidas de material, asegurando que cada muestra fuera lo más representativa posible. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI)., 2006).

c. Granulometría del agregado fino

La granulometría del agregado fino se evaluó de acuerdo con las normas ASTM C33 y NTP 400.037. Se verificó que el agregado cumpliera con un huso granulométrico uniforme y continuo, utilizando tamices de la serie Tyler con mallas que van desde el N°4 hasta el N°100. El agregado presentó un módulo de finura de 2.79, lo cual es un indicador de su consistencia y grosor relativo. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPÍ)., 2002).

d. Granulometría del agregado grueso

La granulometría del agregado grueso se midió siguiendo las mismas normas. El agregado seleccionado cumplió con el huso N°56 de la ASTM, y su tamaño máximo fue de 1 pulgada. Además, el agregado presentó un módulo de finura de 7.21, lo que indica una granulometría adecuada para la mezcla de concreto. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPÍ)., 2002)

e. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino

Utilizando la norma NTP 400.022, se determinaron el peso específico, el peso específico saturado con superficie seca y la absorción del agregado fino. Tras 24 horas de inmersión en agua, se obtuvo un porcentaje de absorción de 1.25%, cumpliendo con los requisitos de la norma. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPÍ)., 2002).

f. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso

De manera similar, la norma NTP 400.021 se empleó para determinar las mismas propiedades en el agregado grueso. La absorción del agregado grueso, después de 24 horas en agua, fue de 1.2%, un valor adecuado para garantizar la estabilidad de la mezcla. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPÍ)., 2002).

g. Contenido de humedad de agregados

El contenido de humedad de los agregados finos y gruesos se determinó siguiendo la norma NTP 400.010. Esta medida fue crucial para ajustar las cantidades de agua en el diseño de mezcla, asegurando que los agregados no afectaran la relación agua/cemento. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), 2002).

4.7.2. Procedimiento de diseño de mezclas

a. Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas

El diseño de las mezclas de concreto para los especímenes cilíndricos siguió criterios específicos para garantizar la calidad y rendimiento del material tanto en estado fresco como endurecido.

- **Trabajabilidad:** El concreto debía ser trabajable y permitir una fácil colocación y compactación sin ser demasiado gravoso (exceso de agregado grueso) o arenoso (exceso de agregado fino). Se buscó una mezcla fluida que facilitara su manipulación durante el vaciado, asegurando una buena distribución del material y evitando problemas como la segregación.
- **Consistencia fluida:** Se estableció que el concreto debía tener una consistencia fluida con un asentamiento (slump) comprendido entre 4 y 6 pulgadas. Este rango garantiza una mezcla con suficiente fluidez para su correcta colocación, sin llegar a ser demasiado líquida, lo que permitiría mantener la estabilidad y cohesión del concreto durante su manipulación y fraguado.
- **Resistencia a compresión:** El concreto fue diseñado para alcanzar una resistencia a compresión de 210 kg/cm² (21 MPa). Este valor es comúnmente empleado en elementos estructurales y losas de pavimentos, garantizando que el concreto tenga la durabilidad y resistencia necesarias para soportar las cargas proyectadas.

- Propiedades del Cemento: Marca y Tipo: CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
- Cemento portland Tipo MS, cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150., Peso específico: 3.13 gr/cm³

4.7.3. Diseño de mezclas usando el método del COMITÉ 211

Las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto fueron determinadas mediante el método del Comité 211 de ACI, que optimiza las proporciones de agregados, cemento, agua y aditivos.

4.7.4. Elaboración de mezcla de prueba

Se calculó y ajustó la cantidad de materiales para elaborar el concreto de los distintos tratamientos. Se corrigieron los pesos de los agregados por su contenido de humedad, lo que afectó la cantidad de agua efectiva y de agregado grueso húmedo.

4.7.5. Elaboración de Unidades de estudio

Se elaboraron 15 especímenes cilíndricos de concreto por tratamiento, de los cuales se ensayaron 7 especímenes a resistencia a compresión a los 3, 7 y 28 días. Cada ensayo tuvo al menos 5 repeticiones, siguiendo la norma ACI 318, que requiere al menos cinco ensayos de resistencia para cada muestra de concreto.

4.7.6. El Asentamiento en el concreto en estado no endurecido.

Se realizó el ensayo de asentamiento para verificar que todas las mezclas de concreto tuvieran una consistencia similar. Esto garantizó que la relación agua/cemento se mantuviera constante en todas las tandas de concreto, incluyendo la corrección por la humedad adicional en el agregado grueso.

4.7.7. La resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

La determinación de la resistencia a compresión de los 270 especímenes de concreto elaborados, se obtuvieron mediante las consideraciones para este ensayo de resistencia a compresión que se describen en La *Norma ASTM C 39*.

4.8. Técnicas de procesamiento y análisis de información.

La información cuantitativa obtenida de las variables de estudio en los tratamientos de concreto fue procesada utilizando métodos estadísticos. Entre los principales métodos utilizados se destacan la determinación de promedios, el análisis de varianza (ANOVA), y la Prueba de Rango Múltiple de Tukey. Estos métodos permitieron evaluar la significancia de las diferencias entre los distintos tratamientos, ayudando a identificar cuál de las dosificaciones de Sikament 290N proporcionaba mejores resultados en términos de resistencia y tiempo de fraguado.

Para llevar a cabo estos análisis se emplearon herramientas computacionales, como el software Minitab 17, que facilitó el procesamiento de los datos y la generación de gráficos representativos que permitieron visualizar las diferencias entre los tratamientos.

4.8.1. Análisis estadístico de los resultados.

Los resultados de los ensayos fueron sometidos a análisis estadísticos para evaluar su uniformidad y consistencia. Las variaciones observadas en los resultados permitieron identificar diferencias significativas entre los tratamientos de estudio. Los análisis estadísticos se centraron en dos variables clave:

- Resistencia a compresión de especímenes cilíndricos: Se evaluaron las resistencias a los 3, 7 y 28 días, lo que permitió identificar cómo las diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N afectaban el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.
- Tiempo de fraguado: Se registraron los tiempos de fraguado inicial y final en cada tratamiento, lo que facilitó la comparación del comportamiento del concreto fresco con las diferentes dosificaciones.

4.8.2. Análisis estadístico de varianza y Prueba de Rango Múltiple de Tukey.

El Análisis de Varianza (ANOVA) fue utilizado para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de los distintos tratamientos. Este método es uno de los más robustos en estudios experimentales y permite probar si las diferencias observadas en las medias muestrales pueden atribuirse al azar o si corresponden a efectos reales causados por las distintas dosificaciones del aditivo.

El ANOVA descompone la variación total de los datos en fuentes de variabilidad, como los tratamientos (dosificaciones de Sikament 290N) y el error experimental. En este estudio se aplicó un diseño completamente al azar, que es adecuado para trabajos de laboratorio donde las condiciones están controladas y las fuentes de variabilidad pueden ser minimizadas.

Cuando el ANOVA reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se aplicó la Prueba de Rango Múltiple de Tukey (PRM), que permite comparar las medias de los tratamientos para determinar cuáles son significativamente diferentes. Esta prueba se realizó con un nivel de confianza del 95%, siendo Tukey más exigente que otras pruebas, como la de Duncan, lo que garantiza un mayor control sobre la validez de las comparaciones.

4.8.3. Estándares de control de concreto en resistencia a compresión.

Se utilizó la tabla de estándares del control del concreto del ACI 214-77, que propone diferentes rangos de desviación estándar para evaluar la calidad del control del concreto en función de la variabilidad de los resultados de resistencia a compresión a los 28 días. Este análisis permitió clasificar el nivel de control de calidad de las mezclas ensayadas en la investigación, lo que es crucial para determinar la reproducibilidad y consistencia de los resultados obtenidos en laboratorio. Los valores se evaluaron para verificar si las operaciones de mezcla y ensayo alcanzaron un control excelente, muy bueno, bueno, regular, o malo en función de las desviaciones observadas. (American Concrete Institute, 2002)

Tabla 4
Estándares para control del concreto (ACI 214-77)

Clase de operación	Desviación estándar para los diferentes estándares de control. (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Construcción en general	Menos de 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Más de 49.2

Tabla 5

Matriz de consistencia metodológica

Tesis: "INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKAMENT 290 N EN LA RESISTENCIA Y TIEMPO DE FRAGUA PARA CONCRETO $f' = 210 \text{ kg/cm}^2$ "							
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
<p>Pregunta General: ¿Cuál es la influencia de las distintas dosificaciones de SIKAMENT 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, en la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo por metro cúbico del concreto, en mezclas con una relación agua-cemento de 0.66, diseñadas para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y una alta trabajabilidad con un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas en estado fresco?</p>	<p>Determinar cuál es la influencia de las distintas dosificaciones de SIKAMENT 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, en la resistencia a compresión, el tiempo de fraguado y el costo por metro cúbico del concreto, en mezclas con una relación agua-cemento de 0.66, diseñadas para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y una alta trabajabilidad con un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas en estado fresco</p>	<p>Hipótesis General: La adición del aditivo Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% mejorará la resistencia a compresión del concreto entre un 10% y 25%, retrasará los tiempos de fraguado inicial y final entre un 10% y 30%, y reducirá el costo total por metro cúbico de concreto en un rango de 0.5% a 2%, en comparación con el concreto sin aditivo, optimizando el uso de cemento y agua y mejorando la trabajabilidad en estado fresco.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia en kg/cm² - Minutos/segundos - Costo total en Soles /m³ de concreto 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de resistencia a la compresión según ASTM C39 en especímenes cilíndricos. - Registro de los datos en las edades de 3, 7 y 28 días. - Ensayo de tiempo de fraguado conforme a ASTM C403. - Registro de los tiempos de fraguado inicial y final. - Toma y registro de los costos de cada insumo utilizado. Y Búsqueda de precios estándar en el mercado local. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión según la norma ASTM C39 en especímenes cilíndricos. - Se registraron los datos de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días. - Se realizaron ensayos de tiempo de fraguado de acuerdo con la norma ASTM C403. - Se registraron los tiempos de fraguado inicial y final. - Se tomaron y registraron los costos de cada insumo utilizado. Se buscaron precios 	<p>Diseño experimental de mezclas con diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N.</p>	<p>7 tratamientos, 45 especímenes en total (15 por tratamiento), evaluados a los 3, 7 y 28 días.</p>

Tesis: "INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKAMENT 290 N EN LA RESISTENCIA Y TIEMPO DE FRAGUA PARA CONCRETO $f'c=210$ kg/cm ² "							
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
					estándar en el mercado local		
Preguntas específica a: Cuál es la variación en la resistencia a compresión del concreto utilizando diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, manteniendo una relación agua-cemento de 0.66 y un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas?	Determinar la influencia del Sikament 290N en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con un slump de 4"-6".	Hipótesis específica sobre resistencia a compresión: El uso de aditivo Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% incrementará la resistencia a compresión del concreto entre un 10% y 25% a los 28 días, en comparación con el concreto sin aditivo.	Resistencia a compresión	a kg/cm ² a los 3, 7 y 28 días	Ensayo de compresión axial según ASTM C39 en especímenes cilíndricos de concreto.	Diseño experimental de mezclas con diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N.	7 tratamientos, 45 especímenes en total (15 por tratamiento), evaluados a los 3, 7 y 28 días.
Preguntas específica b: ¿Cuál es la variación en el tiempo de fraguado inicial y final del concreto de las distintas dosificaciones de Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, manteniendo una relación agua-cemento de 0.66 y	Evaluar la influencia del aditivo Sikament 290N en el tiempo de fraguado del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con un slump de 4"-6".	Hipótesis específica sobre tiempos de fraguado: La adición de Sikament 290N en dosis de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% retrasará los tiempos de fraguado inicial y final del concreto entre un 10% y 30%, proporcionando una mayor ventana de trabajabilidad en relación con el concreto sin aditivo.	Tiempo de fraguado	de Tiempo en horas para fraguado inicial y final	Ensayo de fraguado inicial y final según ASTM C403.	Cálculo de costos unitarios utilizando técnicas estándar de precios de materiales.	7 tratamientos

Tesis: "INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKAMENT 290 N EN LA RESISTENCIA Y TIEMPO DE FRAGUA PARA CONCRETO $f'c=210$ kg/cm ² "							
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
un asentamiento de entre 4 a 6 pulgadas?							
<p>Preguntas específica c: ¿Cuál es la variación del costo por metro cúbico del concreto al aplicar diferentes porcentajes de dosificación del aditivo Sikament 290N de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% del peso del cemento, considerando la relación agua-cemento de 0.66 y las especificaciones de trabajabilidad establecidas?</p>	Determinar el costo de producción de concreto con Sikament 290N para un concreto $f'c=210$ kg/cm ² con un slump de 4"-6".	Hipótesis específica sobre costo: El uso de Sikament 290N en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9% y 1.1% reducirá el costo total por metro cúbico de concreto en un rango de 0.5% a 2%, optimizando el uso de cemento y agua, compensando el costo del aditivo.	Costo de producción	Costo unitario (Soles/m ³)	- Toma y registro de datos de precios de materiales. Búsqueda de costos estándar de producción.	Cálculo de costos unitarios utilizando técnicas estándar de precios de materiales.	7 tratamientos con comparación de costos por cada dosificación.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados de cantidades de materiales en Diseño de Mezclas y relación de agua – material cementante

El diseño de las mezclas fue calculado con el objetivo de mantener consistencias uniformes para todos los tratamientos, empleando una relación agua/cemento de 0.66. Se consideró la reducción de agua debido al uso del aditivo Sikament 290N y se ajustó la cantidad de agua por la humedad de los agregados, como se detalla en los apéndices de la tesis.

El uso de una relación agua/cemento de 0.66 aseguró una mezcla suficientemente fluida (con un slump requerido de 5 pulgadas) y proporciona una resistencia adecuada para el diseño propuesto ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$). El ajuste de la cantidad de agua también tuvo en cuenta la absorción y la humedad superficial de los agregados, garantizando que el concreto mantuviera sus propiedades consistentes en cada mezcla.

La siguiente tabla resume las consideraciones generales aplicadas en el diseño de mezcla para todos los tratamientos:

Tabla 6

Consideraciones generales para el diseño de mezclas de concreto para todos los tratamientos de estudio.

Consideraciones - Requisitos del Concreto	
$f'c$ (kg/cm ²)	210.00
Desviación Estándar (kg/cm ²)	21.00
$f'cr$ Criterio ACI 318	Tabla 5.3.2.1
$f'cr$ (kg/cm ²)	238.14
Agua x TM	219.52
Relación a/c	0.66
Cemento (Kg)	333.00
Módulo de Finura Global (Mfg)	5.19
Incidencia Agregado Grueso (%)	0.49
Incidencia Agregado Fino (%)	0.52
Slump requerido (pulg)	5.00
Slump mín. LAB (pulg)	6.50

Después de realizar el diseño de las mezclas, y tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se calculó la cantidad de materiales necesarios para producir un metro cúbico (m³) de concreto en cada uno de los tratamientos experimentales. Las cantidades exactas para los diferentes componentes (cemento, agua, agregados finos y gruesos, y el aditivo Sikament 290N en sus diferentes dosificaciones) se detallan en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7

Cantidades de Diseño de Mezcla de concreto para un m³ de concreto por cada tratamiento de estudio, en pesos secos del agregado.

Material	C-SIN SIKAME NT 290N	C-0.3% SIKAME NT 290N	C-0.5% SIKAMEN T 290N	C-0.7 % SIKAME NT 290N	C-0.9 % SIKAME NT 290N	C-1.1 % SIKAME NT 290N
Cemento (bolsas)	7.84	7.48	7.25	6.99	6.73	6.49
Cemento (kg)	333	318	308	297	286	276
Agua (Litros)	220	210	203	196	189	182
Relación Agua / Cemento	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Agregado fino (kg)	886	904	916	930	944	956
Agregado grueso kg)	834	851	863	876	889	900
SIKAMENT 290N(kg)	0	0.95	1.54	2.08	2.57	3.04

También se calculó y se obtuvo como resultado las cantidades de materiales en pesos húmedos del agregado y en litros de aditivo para luego poder estimar los costos.

De acuerdo con la ficha técnica del Sikament 290N, su densidad es de 1.20 ± 0.02 kg/L. Utilizando este valor promedio de 1.20 kg/L, se determinó que 1 kg de Sikament 290N es equivalente aproximadamente a 0.833 litros. Esta conversión es clave para poder determinar la cantidad exacta de aditivo en litros que se debe utilizar en cada tratamiento, lo que a su vez facilita la estimación del costo final de cada mezcla.

A continuación, se presenta la Tabla 8, que detalla las cantidades de diseño para un metro cúbico de concreto, considerando los pesos húmedos de los agregados y los litros de aditivo Sikament 290N para cada tratamiento.

Tabla 8

Cantidades de Diseño de Mezcla de concreto para un m³ de concreto por cada tratamiento de estudio, en pesos húmedos del agregado.

Material	C-SIN SIKAME NT 290N	C-0.3% SIKAME NT 290N	C-0.5% SIKAMEN T 290N	C-0.7 % SIKAME NT 290N	C-0.9 % SIKAME NT 290N	C-1.1 % SIKAME NT 290N
Cemento (bolsas)	7.84	7.48	7.25	6.99	6.73	6.49
Cemento (kg)	333	318	308	297	286	276
Agua (Litros)	192	181	174	170	162	155
Agregado fino húmedo (kg)	936	956	969	982	996	1010
Agregado grueso húmedo (kg)	852	870	882	892	906	917
SIKAMENT 290N(L)	0	0.79	1.28	1.73	2.14	2.53

Análisis de los Resultados de las Cantidades de Diseño de Mezcla de Concreto:

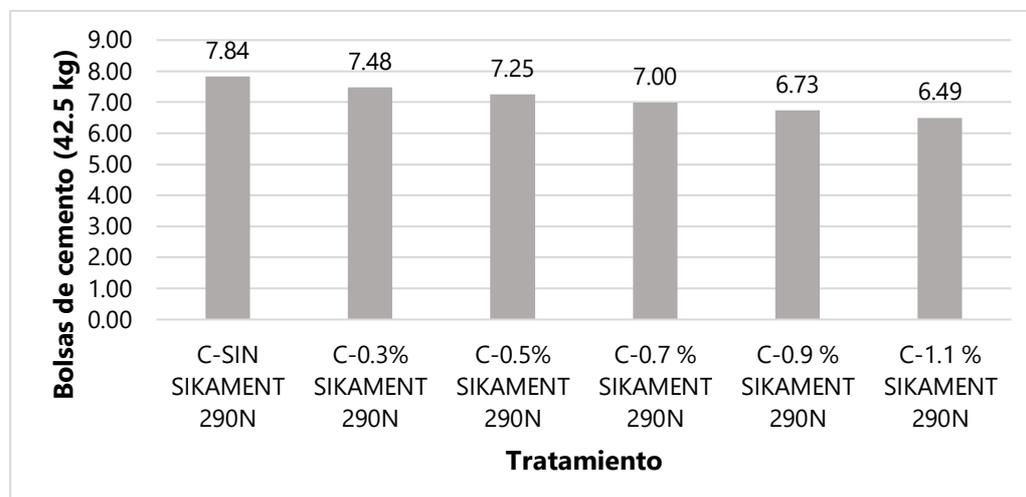
a. Cemento

A medida que la dosificación del Sikament 290N aumenta (de 0.3% a 1.1% del peso del cemento), la cantidad de cemento requerida disminuye de 333 kg (sin aditivo) a 276 kg (con 1.1% de Sikament 290N).

Esta reducción en la cantidad de cemento se debe a la capacidad del aditivo para mejorar la trabajabilidad y compactación del concreto, permitiendo reducir el contenido de cemento sin afectar negativamente la resistencia final.

Figura 2

Gráfico comparativo de cantidad de bolsas de cemento por un m³ de concreto según tratamiento de estudio.



El gráfico en Figura 3 muestra la cantidad de bolsas de cemento utilizadas por metro cúbico de concreto en función de las diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N. El análisis de la cantidad de bolsas de cemento por metro cúbico de concreto en los diferentes tratamientos muestra una clara reducción en el uso de cemento a medida que aumenta la dosificación del Sikament 290N. Sin el aditivo, se usan 7.84 bolsas, pero con la mayor dosificación (1.1% de Sikament), solo se requieren 6.49 bolsas, lo que representa una disminución de aproximadamente 17%.

Este ahorro en la cantidad de cemento tiene implicaciones directas en los costos de producción, ya que el cemento es uno de los insumos más costosos en la fabricación de concreto. La reducción en su uso, junto con la optimización en la trabajabilidad y resistencia proporcionadas por el aditivo, permite obtener una mezcla eficiente en términos de material y costo.

b. Agua

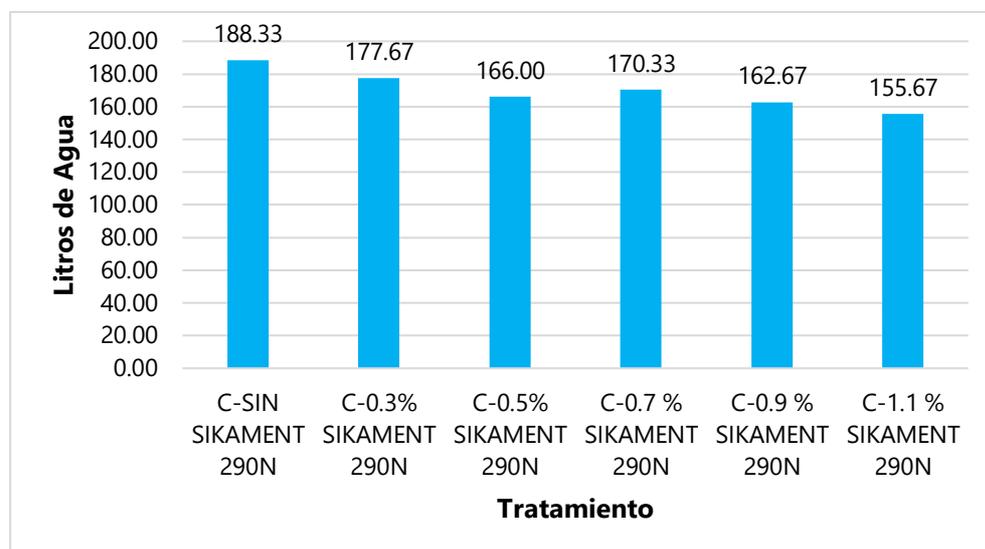
La cantidad de agua necesaria también disminuye conforme aumenta la dosificación del aditivo, desde 220 litros en el tratamiento sin aditivo hasta 182 litros en el tratamiento con 1.1% de Sikament 290N.

Esto refleja la capacidad del Sikament 290N para actuar como reductor de agua, permitiendo reducir el contenido de agua mientras se mantiene una buena trabajabilidad y fluidez del concreto.

A pesar de la reducción del contenido de agua, la relación agua/cemento (0.66) se mantiene constante en todos los tratamientos. Esto es clave para asegurar que la resistencia del concreto no se vea comprometida.

Figura 3

Gráfico comparativo de cantidad de agua por un m³ de concreto según tratamiento de estudio, según cantidades de agregados húmedos.



El gráfico de la Figura 4 muestra una reducción progresiva en la cantidad de agua utilizada a medida que aumenta la dosificación del aditivo. En el tratamiento sin aditivo, se emplean 188.33 litros de agua por metro cúbico, mientras que con 1.1% de Sikament 290N la cantidad de agua disminuye a 155.67 litros. Esto representa una reducción del 17.3%, reflejando la capacidad del aditivo de actuar como reductor de agua, mejorando la trabajabilidad del concreto sin necesidad de aumentar la cantidad de agua.

c. Agregados

Las cantidades de agregado fino y grueso (en estado seco) aumentan ligeramente con la adición del Sikament 290N. Esto se debe a la menor cantidad de agua y cemento, lo que requiere un mayor volumen de agregados para mantener la proporción adecuada y el volumen total del concreto.

El agregado fino pasa de 886 kg (sin aditivo) a 956 kg (con 1.1% de aditivo).

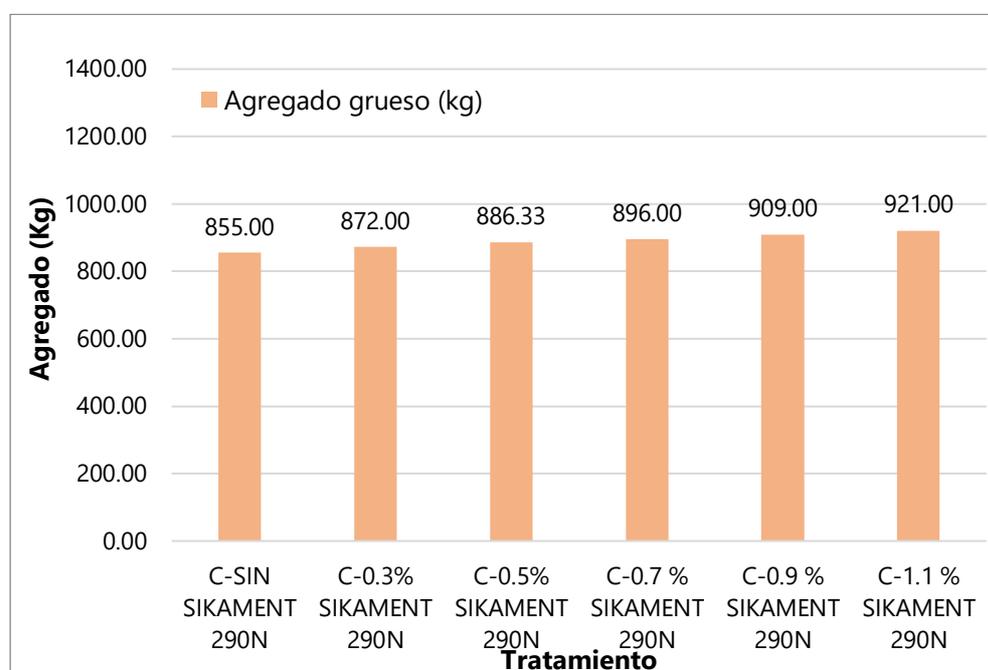
El agregado grueso aumenta de 834 kg a 900 kg en el mismo rango de dosificación.

Esta tendencia es consistente con la mejora en la compactación del concreto que se logra mediante el uso del aditivo, lo cual permite una mejor distribución de los agregados en la mezcla.

Las figuras 5 y 6 comparan la cantidad de agregado grueso y agregado fino en pesos húmedos utilizados por metro cúbico de concreto en cada tratamiento experimental, donde varía la dosificación del aditivo Sikament 290N.

Figura 4

Gráfico comparativo de cantidad de agregado grueso por un m³ de concreto según tratamiento de estudio según cantidades de agregados húmedos.



En la figura de agregado grueso, se observa un aumento progresivo en la cantidad de agregado grueso conforme se incrementa la dosificación del aditivo:

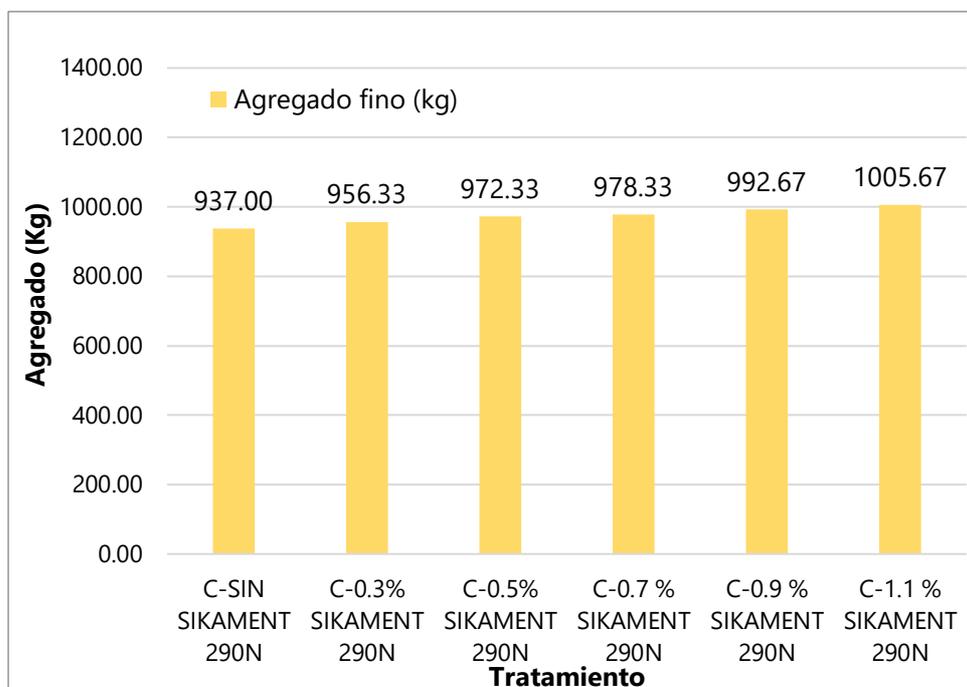
- El tratamiento sin aditivo utiliza 855 kg de agregado grueso.
- Con el incremento de la dosificación a 1.1% de Sikament 290N, la cantidad de agregado aumenta hasta 921 kg.

Este incremento de aproximadamente 7.7% es coherente con la reducción de la cantidad de cemento y agua, lo que requiere un ajuste en los

agregados para mantener el volumen total del concreto y lograr una mezcla bien proporcionada.

Figura 5

Gráfico comparativo de cantidad de agregado fino por un m³ de concreto según tratamiento de estudio según cantidades de agregados húmedos.



La figura correspondiente al **agregado fino** sigue una tendencia similar. A medida que aumenta la dosificación del aditivo, también aumenta la cantidad de agregado fino en la mezcla.

- El tratamiento sin aditivo utiliza 937 kg de agregado fino.
- Con la mayor dosificación del aditivo (1.1% Sikament 290N), la cantidad de agregado fino alcanza los 1005.67 kg.

El incremento en el agregado fino es de aproximadamente 7.3%, lo que, al igual que con el agregado grueso, responde a la necesidad de ajustar el contenido de materiales sólidos a medida que se reducen el agua y el cemento en la mezcla.

d. Aditivo Sikament 290N

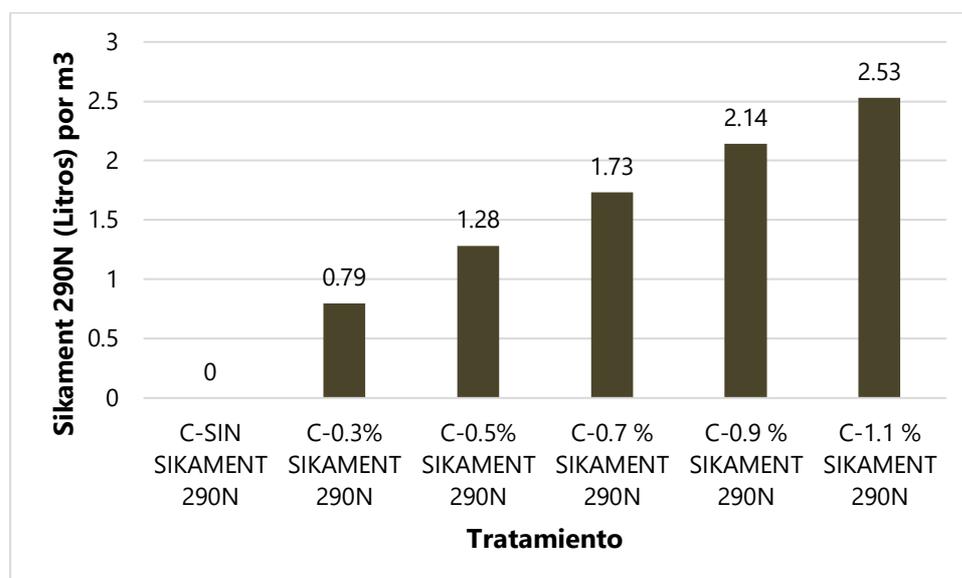
Las cantidades de Sikament 290N en kg aumentan conforme crece su dosificación en cada tratamiento: De 0.95 kg en el tratamiento con 0.3% de Sikament 290N a 3.04 kg en el tratamiento con 1.1%.

Dado que la densidad del aditivo es de 1.20 kg/L, estos valores se convirtieron a litros para facilitar el cálculo de costos y la logística de uso del producto.

La Figura 7 muestra la cantidad de Sikament 290N (en litros) utilizada por metro cúbico de concreto en cada uno de los tratamientos experimentales, reflejando el incremento en la dosificación del aditivo desde 0.3% hasta 1.1% del peso del cemento.

Figura 6

Gráfico comparativo de cantidad de aditivo SIKAMENT 290M por un m³ de concreto según tratamiento de estudio.



5.2. Resultados de resistencia a Compresión de los especímenes de concreto y análisis estadístico.

5.2.1. Resultados de Resistencia a compresión de los especímenes a los 03 días

A los tres días de edad, se ensayaron 15 especímenes cilíndricos de concreto sin adición de aditivos para evaluar su resistencia a la compresión, tal como se

muestra en la Tabla 8. El valor objetivo de diseño de resistencia era 210 kg/cm², y se esperaba que el concreto, a esta edad temprana, alcanzara entre el 40% y 60% de esa resistencia, según los estándares del ACI 209.2R-08. Este rango es típico para concretos sin acelerantes o aditivos especiales, curados en condiciones normales. Según el modelo proporcionado por la ACI 209.2R-08, utilizando los valores de $a = 4.0$ y $b = 0.85$ para el cemento Tipo I en condiciones de curado húmedo, el concreto debería alcanzar aproximadamente el 45.8% de su resistencia a los 28 días a esta edad temprana.

Tabla 9

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-SIN-3D-1	29/03/2017	1/04/2017	3	70.10	88.86	42.32%
C-SIN-3D-2	29/03/2017	1/04/2017	3	82.30	104.33	49.68%
C-SIN-3D-3	29/03/2017	1/04/2017	3	74.10	93.93	44.73%
C-SIN-3D-4	29/03/2017	1/04/2017	3	69.90	88.61	42.19%
C-SIN-3D-5	29/03/2017	1/04/2017	3	74.20	94.06	44.79%
C-SIN-3D-6	29/03/2017	1/04/2017	3	73.90	93.68	44.61%
C-SIN-3D-7	29/03/2017	1/04/2017	3	79.00	100.14	47.69%
C-SIN-3D-8	29/03/2017	1/04/2017	3	73.50	93.17	44.37%
C-SIN-3D-9	29/03/2017	1/04/2017	3	73.40	93.05	44.31%
C-SIN-3D-10	29/03/2017	1/04/2017	3	84.10	106.61	50.77%
C-SIN-3D-11	29/03/2017	1/04/2017	3	71.30	90.38	43.04%
C-SIN-3D-12	29/03/2017	1/04/2017	3	79.00	100.14	47.69%
C-SIN-3D-13	29/03/2017	1/04/2017	3	87.80	111.30	53.00%
C-SIN-3D-14	29/03/2017	1/04/2017	3	74.90	94.95	45.21%
C-SIN-3D-15	29/03/2017	1/04/2017	3	80.60	102.17	48.65%

Los resultados presentados en la tabla 9 muestran que la resistencia a compresión de los especímenes varía entre 88.61 kg/cm² y 111.30 kg/cm², lo que representa entre 42.19% y 53.00% de la resistencia de diseño. Estos valores se encuentran dentro del rango previsto por la ACI 209.2R-08, confirmando que el concreto sin aditivos está desarrollando su resistencia de manera adecuada a los 3 días. La variabilidad observada entre los especímenes puede estar relacionada con diferencias en la mezcla y el curado, pero en general, los resultados fueron consistentes con las expectativas teóricas para el concreto en esta etapa de curado.

A los tres días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.3% de Sikament 290N, como se detalla en la Tabla 9. El objetivo de este tratamiento era evaluar el impacto del aditivo en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto sin aditivo, cuya resistencia de diseño era de 210 kg/cm². Según el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debía alcanzar aproximadamente el 45.8% de su resistencia a los 28 días a esta edad temprana, lo cual sirvió como referencia para analizar los resultados obtenidos.

Tabla 10

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.30-3D-1	29/03/2017	1/04/2017	3	78.5	99.51	47.39%
C-0.30-3D-2	29/03/2017	1/04/2017	3	79.4	100.65	47.93%
C-0.30-3D-3	29/03/2017	1/04/2017	3	85.7	108.64	51.73%
C-0.30-3D-4	29/03/2017	1/04/2017	3	92.3	117.00	55.72%
C-0.30-3D-5	29/03/2017	1/04/2017	3	83.5	105.85	50.40%
C-0.30-3D-6	29/03/2017	1/04/2017	3	91.3	115.74	55.11%
C-0.30-3D-7	29/03/2017	1/04/2017	3	86.7	109.91	52.34%
C-0.30-3D-8	29/03/2017	1/04/2017	3	87.4	110.79	52.76%
C-0.30-3D-9	29/03/2017	1/04/2017	3	91.9	116.50	55.47%
C-0.30-3D-10	29/03/2017	1/04/2017	3	83.4	105.72	50.34%
C-0.30-3D-11	29/03/2017	1/04/2017	3	86.4	109.53	52.15%
C-0.30-3D-12	29/03/2017	1/04/2017	3	89.4	113.33	53.97%
C-0.30-3D-13	29/03/2017	1/04/2017	3	94.3	119.54	56.92%
C-0.30-3D-14	29/03/2017	1/04/2017	3	92.3	117.00	55.72%
C-0.30-3D-15	29/03/2017	1/04/2017	3	85.6	108.51	51.67%

Los resultados presentados en la Tabla 10 indicaron que la resistencia de los especímenes varió entre 99.51 kg/cm² y 119.54 kg/cm², lo que representaba entre 47.39% y 56.92% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Estos valores estaban por encima del 45.8% estimado según la ACI 209.2R-08, lo que sugirió un posible impacto positivo del aditivo en la resistencia temprana. Para determinar si estas diferencias fueron estadísticamente significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que sirvió para analizar si la mejora observada en la resistencia a compresión fue atribuible a la adición del aditivo.

A los tres días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.5% de Sikament 290N, como se describe en la Tabla 11. Este

tratamiento se realizó para evaluar cómo afecta una mayor dosis del aditivo en la resistencia a la compresión temprana. La referencia teórica utilizada es la predicción del modelo de la ACI 209.2R-08, que establece que a esta edad temprana el concreto debería alcanzar aproximadamente el 45.8% de su resistencia de diseño a 28 días, que en este caso es de 210 kg/cm².

Tabla 11

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.50-3D-1	31/04/2017	3/04/2017	3	118.50	150.22	71.53%
C-0.50-3D-2	31/04/2017	3/04/2017	3	113.20	143.50	68.33%
C-0.50-3D-3	31/04/2017	3/04/2017	3	93.40	118.40	56.38%
C-0.50-3D-4	31/04/2017	3/04/2017	3	96.30	122.07	58.13%
C-0.50-3D-5	31/04/2017	3/04/2017	3	91.30	115.74	55.11%
C-0.50-3D-6	31/04/2017	3/04/2017	3	104.80	132.85	63.26%
C-0.50-3D-7	31/04/2017	3/04/2017	3	93.60	118.65	56.50%
C-0.50-3D-8	31/04/2017	3/04/2017	3	86.40	109.53	52.15%
C-0.50-3D-9	31/04/2017	3/04/2017	3	96.30	122.07	58.13%
C-0.50-3D-10	31/04/2017	3/04/2017	3	87.90	111.43	53.06%
C-0.50-3D-11	31/04/2017	3/04/2017	3	98.50	124.86	59.46%
C-0.50-3D-12	31/04/2017	3/04/2017	3	90.90	115.23	54.87%
C-0.50-3D-13	31/04/2017	3/04/2017	3	93.80	118.91	56.62%
C-0.50-3D-14	31/04/2017	3/04/2017	3	97.70	123.85	58.98%
C-0.50-3D-15	31/04/2017	3/04/2017	3	96.10	121.82	58.01%

Los resultados de la Tabla 11 indican que las resistencias a compresión obtenidas varían entre 109.53 kg/cm² y 150.22 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 52.15% a 71.53% del valor objetivo de 210 kg/cm². Estos valores están notablemente por encima del 45.8% estimado por la ACI 209.2R-08, sugiriendo un impacto positivo del 0.5% de Sikament 290N en la ganancia de resistencia a

esta edad temprana. Para evaluar la significancia estadística de estas diferencias, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) junto con la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió analizar si la mejora en la resistencia a compresión fue significativa en comparación con otros tratamientos.

A los tres días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.7% de Sikament 290N, como se describe en la Tabla 12. El objetivo de este tratamiento fue analizar cómo afecta esta dosificación del aditivo en la resistencia a compresión temprana del concreto. De acuerdo con el modelo de la ACI 209.2R-08, se esperaba que el concreto alcanzara aproximadamente el 45.8% de su resistencia a los 28 días, con una resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 12

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm²	% de 210 kg/cm²
C-0.70-3D-1	31/04/2017	3/04/2017	3	94.90	120.30	57.29%
C-0.70-3D-2	31/04/2017	3/04/2017	3	87.50	110.92	52.82%
C-0.70-3D-3	31/04/2017	3/04/2017	3	85.70	108.64	51.73%
C-0.70-3D-4	31/04/2017	3/04/2017	3	98.80	125.24	59.64%
C-0.70-3D-5	31/04/2017	3/04/2017	3	95.30	120.81	57.53%
C-0.70-3D-6	31/04/2017	3/04/2017	3	83.40	105.72	50.34%
C-0.70-3D-7	31/04/2017	3/04/2017	3	86.80	110.03	52.40%
C-0.70-3D-8	31/04/2017	3/04/2017	3	88.60	112.31	53.48%
C-0.70-3D-9	31/04/2017	3/04/2017	3	93.30	118.27	56.32%
C-0.70-3D-10	31/04/2017	3/04/2017	3	96.90	122.84	58.49%
C-0.70-3D-11	31/04/2017	3/04/2017	3	85.60	108.51	51.67%
C-0.70-3D-12	31/04/2017	3/04/2017	3	83.30	105.60	50.28%
C-0.70-3D-13	31/04/2017	3/04/2017	3	84.10	106.61	50.77%
C-0.70-3D-14	31/04/2017	3/04/2017	3	92.80	117.64	56.02%
C-0.70-3D-15	31/04/2017	3/04/2017	3	88.30	111.93	53.30%

Los resultados de la Tabla 12 muestran resistencias a compresión que varían entre 105.60 kg/cm² y 125.24 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 50.28% a 59.64% de la resistencia objetivo. En comparación con los resultados de los tratamientos anteriores: El tratamiento con 0.3% de Sikament 290N alcanzó entre 47.39% y 56.92% de la resistencia a compresión y El tratamiento con 0.5% de Sikament 290N presentó un rango más amplio, entre 52.15% y 71.53%.

Aunque los resultados de este tratamiento (0.7% de Sikament 290N) están dentro del rango de los tratamientos anteriores, se ubican ligeramente por debajo del máximo observado con la dosificación de 0.5%, lo que podría indicar que no se produce un incremento lineal en la ganancia de resistencia con el aumento de la dosificación. Para determinar si estas diferencias son significativas, se

realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió comparar estadísticamente las diferencias entre los tratamientos y confirmar si el incremento de la dosificación del aditivo generó una mejora en la resistencia a compresión.

A los tres días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.9% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 13. Este tratamiento se realizó para evaluar el impacto de esta dosificación en la resistencia a compresión en comparación con los tratamientos anteriores. Según el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debería alcanzar aproximadamente el 45.8% de su resistencia a los 28 días, siendo la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 13

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.90-3D-1	31/03/2017	3/04/2017	3	86.70	109.91	52.34%
C-0.90-3D-2	31/03/2017	3/04/2017	3	88.40	112.06	53.36%
C-0.90-3D-3	31/03/2017	3/04/2017	3	86.50	109.65	52.22%
C-0.90-3D-4	31/03/2017	3/04/2017	3	78.80	99.89	47.57%
C-0.90-3D-5	31/03/2017	3/04/2017	3	87.80	111.30	53.00%
C-0.90-3D-6	31/03/2017	3/04/2017	3	86.50	109.65	52.22%
C-0.90-3D-7	31/03/2017	3/04/2017	3	90.70	114.98	54.75%
C-0.90-3D-8	31/03/2017	3/04/2017	3	83.90	106.36	50.65%
C-0.90-3D-9	31/03/2017	3/04/2017	3	82.60	104.71	49.86%
C-0.90-3D-10	31/03/2017	3/04/2017	3	85.30	108.13	51.49%
C-0.90-3D-11	31/03/2017	3/04/2017	3	83.50	105.85	50.40%
C-0.90-3D-12	31/03/2017	3/04/2017	3	85.00	107.75	51.31%
C-0.90-3D-13	31/03/2017	3/04/2017	3	85.20	108.00	51.43%
C-0.90-3D-14	31/03/2017	3/04/2017	3	90.20	114.34	54.45%
C-0.90-3D-15	31/03/2017	3/04/2017	3	88.80	112.57	53.60%

Los resultados de la Tabla 13 muestran resistencias a compresión que varían entre 99.89 kg/cm² y 114.98 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 47.57% a 54.75% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Al comparar estos resultados con los de las dosificaciones anteriores: El tratamiento con 0.3% de Sikament 290N mostró un rango de 47.39% a 56.92%. El tratamiento con 0.5% alcanzó un rango entre 52.15% y 71.53%. El tratamiento con 0.7% tuvo resultados entre 50.28% y 59.64%.

En comparación, los valores del tratamiento con 0.9% de Sikament 290N están dentro del rango observado en las dosificaciones anteriores, aunque no superan significativamente los máximos alcanzados con el 0.5% y 0.7%. Para determinar si estas diferencias en resistencia a compresión son significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió verificar si el incremento en la dosificación del aditivo impactó de manera significativa en el comportamiento del concreto a los 3 días.

A los tres días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 1.1% de Sikament 290N, como se detalla en la Tabla 14. El propósito de este tratamiento fue evaluar cómo influye la dosificación más alta de Sikament 290N en la resistencia a compresión temprana del concreto, comparada con dosificaciones menores. Según el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debería alcanzar aproximadamente el 45.8% de su resistencia de diseño a los 28 días, siendo esta de 210 kg/cm².

Tabla 14

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 3 días del Tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-1.10-3D-1	1/04/2017	5/04/2017	3	93.60	118.65	56.50%
C-1.10-3D-2	1/04/2017	5/04/2017	3	91.60	116.12	55.29%
C-1.10-3D-3	1/04/2017	5/04/2017	3	99.60	126.26	60.12%
C-1.10-3D-4	1/04/2017	5/04/2017	3	98.80	125.24	59.64%
C-1.10-3D-5	1/04/2017	5/04/2017	3	96.50	122.33	58.25%
C-1.10-3D-6	1/04/2017	5/04/2017	3	93.40	118.40	56.38%
C-1.10-3D-7	1/04/2017	5/04/2017	3	95.10	120.55	57.41%
C-1.10-3D-8	1/04/2017	5/04/2017	3	95.90	121.57	57.89%
C-1.10-3D-9	1/04/2017	5/04/2017	3	93.30	118.27	56.32%
C-1.10-3D-10	1/04/2017	5/04/2017	3	92.80	117.64	56.02%
C-1.10-3D-11	1/04/2017	5/04/2017	3	95.80	121.44	57.83%
C-1.10-3D-12	1/04/2017	5/04/2017	3	85.90	108.89	51.85%
C-1.10-3D-13	1/04/2017	5/04/2017	3	98.60	124.99	59.52%
C-1.10-3D-14	1/04/2017	5/04/2017	3	93.30	118.27	56.32%
C-1.10-3D-15	1/04/2017	5/04/2017	3	90.40	114.60	54.57%

Los resultados de la Tabla 14 muestran que las resistencias a compresión de los especímenes varían entre 108.89 kg/cm² y 126.26 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 51.85% a 60.12% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Comparando estos resultados con los tratamientos anteriores: El tratamiento con 0.3% de Sikament 290N alcanzó entre 47.39% y 56.92%, El tratamiento con 0.5% varió entre 52.15% y 71.53%, El tratamiento con 0.7% mostró un rango entre 50.28% y 59.64% y El tratamiento con 0.9% mostró entre 47.57% y 54.75%.

Los resultados del tratamiento con 1.1% de Sikament 290N están en el límite superior de los rangos observados en los tratamientos anteriores, y sugiere que

el aumento de la dosis de aditivo tiene un efecto positivo en el desarrollo de resistencia temprana. Para verificar si estas diferencias son significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) junto con la prueba de rango múltiple de Tukey, lo cual permitió analizar si el incremento en la dosificación del aditivo mejoró significativamente la resistencia a compresión.

5.2.2. Resultados de análisis estadístico de resistencia a compresión de los especímenes a los 03 días

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto del factor "tipo de concreto" en la resistencia a compresión de los especímenes a la edad de 3 días. El factor "tipo de concreto" incluía seis niveles, correspondientes a los diferentes tratamientos de estudio: C-0.3% SIKAMENT 290N, C-0.5% SIKAMENT 290N, C-0.7% SIKAMENT 290N, C-0.9% SIKAMENT 290N, C-1.1% SIKAMENT 290N, y C-SIN SIKAMENT 290N (concreto sin aditivo). La variable continua analizada fue la resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos.

El análisis consistió en calcular la media de resistencia a compresión para cada uno de los grupos, y luego comparar la variabilidad de las medias entre los grupos mediante el ANOVA. En total, se realizaron 15 comparaciones. El método se basó en probar la hipótesis nula, que asume que todas las medias de los grupos son iguales, frente a la hipótesis alterna, que establece que al menos una de las medias es diferente. El intervalo de confianza utilizado fue del 95%.

Tabla 15

Análisis de Varianza de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días.

Fuente	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	5	6330	1266.08	26.57	0.000**
Error	84	4002	47.65		
Total	89	10333			

**Nivel de significación estadística en el ANOVA (0.05>P>0.05); si (P0.05); no hay significancia estadística. GL (Grados de Libertad); SC (Suma de cuadrado); CM (Cuadrado Medio), F (F calculado), Valor P (valor de probabilidad).*

La tabla indica que el valor de P es menor a 0.05 ($P = 0.000$), lo que significa que existe significancia estadística en el ANOVA. Esto indica que no todas las medias de los tratamientos son iguales, y por lo tanto, al menos uno de los tratamientos presenta diferencias significativas en la resistencia a compresión. Este resultado sugiere que el uso de diferentes dosificaciones del aditivo Sikament 290N influye en la resistencia temprana del concreto a los 3 días.

En la Tabla 16 se presentan las medias de la resistencia a compresión en kg/cm^2 de los especímenes de concreto para cada tratamiento de estudio a los 3 días, junto con sus respectivas desviaciones estándar y intervalos de confianza del 95% (IC). El número de repeticiones para cada tratamiento fue 15. Estos valores se utilizaron para inferir el comportamiento de la resistencia a compresión, permitiendo establecer un intervalo en el que la media de cada tratamiento oscilará con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 16

Medias de la resistencia a la compresión en Kg/cm^2 de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días según tratamiento.

Tratamiento	N	Media (kg/cm^2)	Desv.Est.	IC de 95%
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	110.55	6.03	(107.00, 114.09)
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	123.28	11.18	(119.73, 126.82)
C-0.7% SIKAMENT 290N	15	113.69	6.58	(110.15, 117.24)
C-0.9% SIKAMENT 290N	15	109.01	3.92	(105.47, 112.55)
C-1.1% SIKAMENT 290N	15	119.55	4.49	(116.00, 123.09)
C-SIN SIKAMENT 290N	15	97.03	6.77	(93.48, 100.57)

**Desv.Est. agrupada = 6.90260*

N (Número de repeticiones), Desv.Est. (Desviación Estándar), IC de 95% (Intervalos con una confianza del 95%)

Al analizar los resultados, observamos que el tratamiento con 0.5% de SIKAMENT 290N presentó la mayor resistencia media a los 3 días con un valor de 123.28 kg/cm^2 , y un intervalo de confianza de $(119.73, 126.82) \text{ kg/cm}^2$. En contraste, el concreto sin aditivo (C-SIN SIKAMENT 290N) presentó la menor resistencia media con 97.03 kg/cm^2 , y un intervalo de $(93.48, 100.57) \text{ kg/cm}^2$.

Con un nivel de confianza del 95%, las medias de resistencia para cada tratamiento están dentro de sus respectivos intervalos de confianza, lo que

permite inferir que las variaciones observadas en la resistencia a compresión a los 3 días son significativas y reflejan el impacto de las diferentes dosificaciones de Sikament 290N en el concreto.

5.2.3. Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días según tratamiento.

Se utilizó el método de rango múltiple de Tukey para comparar las resistencias a compresión de los diferentes tratamientos a la edad de 3 días. Este análisis identifica diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, agrupándolos según su similitud. Los resultados se muestran en la Tabla 17, donde los tratamientos que no comparten una letra son considerados estadísticamente diferentes a los 3 días.

Tabla 17

Agrupación de tratamientos según resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media (kg/cm ²)	Agrupación
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	123.28	A
C-1.1% SIKAMENT 290N	15	119.55	A B
C-0.7% SIKAMENT 290N	15	113.69	B C
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	110.55	C
C-0.9% SIKAMENT 290N	15	109.01	C
C-SIN SIKAMENT 290N	15	97.03	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis de Tukey a los 3 días de edad permite clasificar los tratamientos según su resistencia a la compresión en diferentes grupos, lo que revela la influencia del Sikament 290N en cada tratamiento. A continuación, se analiza cada tratamiento y su agrupación.

1. Tratamiento C-0.5% Sikament 290N: Este tratamiento mostró la mayor resistencia a compresión, con una media de 123.28 kg/cm², formando parte de la agrupación A. Esto lo posiciona como el tratamiento más efectivo en términos de resistencia a los 3 días. El hecho de que no comparta ninguna

letra de agrupación con los otros tratamientos implica que su resistencia es significativamente mayor que la de los demás. Además, destaca por su superioridad frente al concreto sin aditivo (C-SIN), cuyo valor de resistencia es el más bajo.

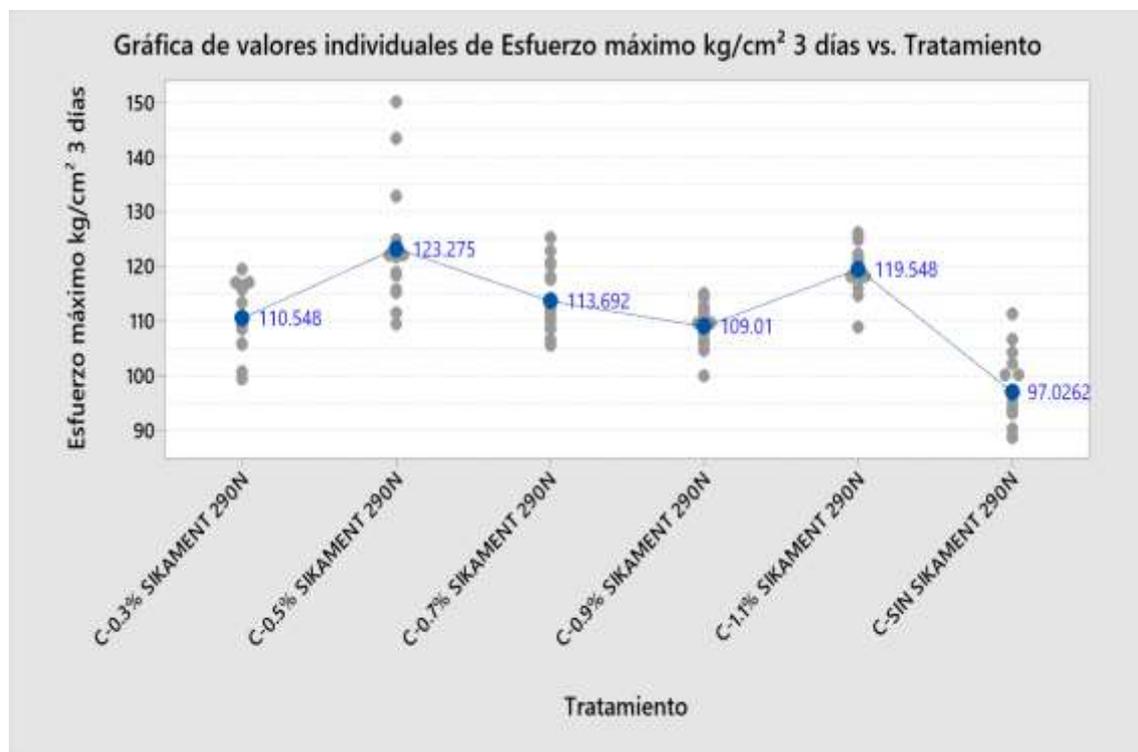
2. Tratamiento C-1.1% Sikament 290N: Con una media de 119.55 kg/cm², este tratamiento se encuentra en la agrupación A y B, lo que indica que no es significativamente diferente al tratamiento con 0.5% de Sikament 290N, pero presenta una resistencia significativamente mayor que el concreto sin aditivo. Su pertenencia a dos agrupaciones sugiere que aunque su resistencia es alta, su eficacia no supera a la del tratamiento de 0.5%, y se encuentra en un punto intermedio entre los tratamientos más y menos efectivos.
3. Tratamiento C-0.7% Sikament 290N: Este tratamiento alcanzó una media de 113.69 kg/cm² y se agrupa en B y C, lo que sugiere que su resistencia es intermedia. Comparte la agrupación B con el tratamiento de 1.1%, lo que indica que no existen diferencias significativas con este último, pero está más cerca de los tratamientos con menores dosis de aditivo (C-0.3% y C-0.9%). Aunque mejora significativamente la resistencia en comparación con el concreto sin aditivo, su eficacia es inferior en comparación con las dosis más altas de Sikament.
4. Tratamiento C-0.3% Sikament 290N: Con una media de 110.55 kg/cm², este tratamiento se encuentra en la agrupación C, lo que implica que no hay diferencias significativas con el tratamiento de 0.9% Sikament (109.01 kg/cm²), también en el grupo C. Sin embargo, sí existe una mejora significativa frente al concreto sin aditivo, cuya resistencia es notablemente inferior. Este tratamiento es el que menos incrementa la resistencia entre las dosis de aditivo utilizadas, aunque sigue siendo más eficiente que no utilizar aditivo.
5. Tratamiento C-0.9% Sikament 290N: Este tratamiento obtuvo una media de 109.01 kg/cm², situándose en la agrupación C, junto con el tratamiento de 0.3% Sikament 290N. A pesar de ser una dosis mayor, la resistencia a compresión no fue significativamente superior a la del tratamiento con menor adición (0.3%). Esto indica que el aumento de Sikament en este rango no genera un impacto significativo en la resistencia del concreto a los 3 días.

6. Tratamiento C-SIN Sikament 290N: El tratamiento sin adición de Sikament presentó la menor resistencia a compresión, con una media de 97.03 kg/cm², y pertenece a la agrupación D, que es la más baja. Esto significa que el concreto sin aditivo tiene una resistencia significativamente inferior a la de todos los demás tratamientos con Sikament. La diferencia con el tratamiento más eficiente (C-0.5% Sikament) es clara, ya que no comparten ninguna letra de agrupación, lo que resalta el efecto positivo del aditivo en la resistencia del concreto.

En general, el análisis de Tukey muestra que las dosificaciones más altas de Sikament 290N (0.5% y 1.1%) generaron las mayores resistencias a compresión a los 3 días, mientras que las dosis intermedias (0.7% y 0.3%) ofrecieron resultados moderados. El concreto sin aditivo presentó la menor resistencia. El tratamiento de 0.5% Sikament se destaca como el más eficiente en esta etapa temprana, siendo significativamente superior a todos los demás tratamientos.

Figura 7.

Gráfica de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 03 días según tratamiento de estudio con medias



La Figura 8 muestra la gráfica de valores individuales del esfuerzo máximo de compresión en kg/cm² a los 3 días para cada tratamiento con adición de

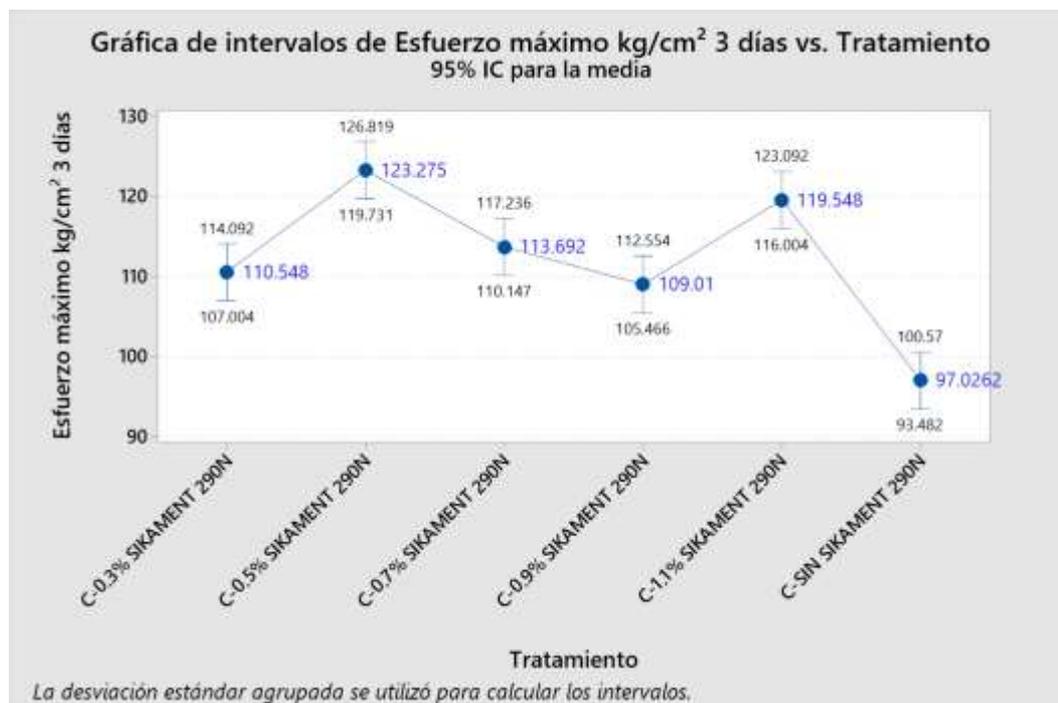
Sikament 290N, junto con sus respectivas medias. Cada punto representa el esfuerzo máximo registrado en uno de los especímenes ensayados, y las líneas horizontales indican el promedio del esfuerzo máximo para cada tratamiento.

Al analizar el tratamiento con C-0.3% Sikament 290N, se observa que la media del esfuerzo máximo es de 110.55 kg/cm², con un rango de variación entre los especímenes ensayados que se refleja en la dispersión de los puntos. A medida que se incrementa la dosificación del aditivo, las medias de los esfuerzos máximos varían: el tratamiento con C-0.5% Sikament 290N alcanza la media más alta, con 123.28 kg/cm², seguido por C-1.1% con 119.55 kg/cm².

Estos resultados permiten visualizar de manera clara las diferencias en la resistencia a la compresión entre los diferentes tratamientos, destacando cómo la dosificación del aditivo influye en la resistencia a los 3 días. Además, se puede identificar la menor resistencia en el tratamiento sin aditivo (C-SIN Sikament 290N), cuya media es de 97.03 kg/cm², significativamente inferior a los tratamientos con aditivo.

Figura 8.

Gráfica de intervalos con un índice de confianza de 95% de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 03 días según tratamiento de estudio con medias

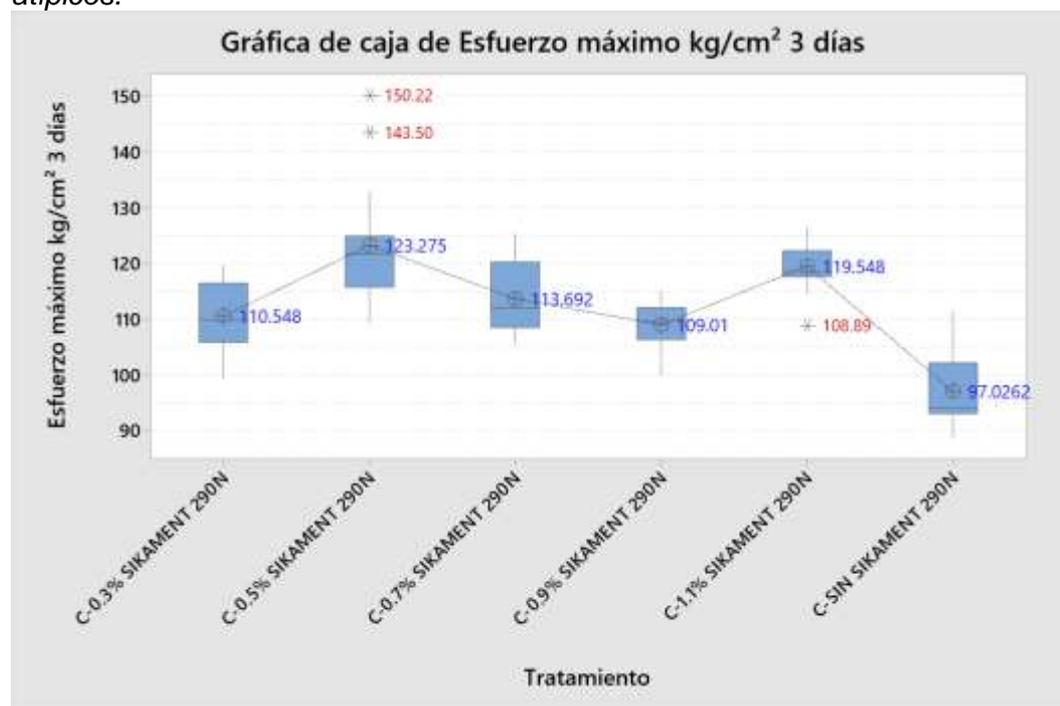


La gráfica de intervalos muestra el intervalo de confianza para cada tratamiento y el valor promedio de la resistencia a la compresión alcanzada. Por ejemplo, el tratamiento con C-0.3% Sikament 290N tiene una resistencia media de 110.55 kg/cm², con su intervalo de confianza entre 107.00 y 114.09 kg/cm².

Los tratamientos que comparten una letra de agrupación en el análisis de Tukey son aquellos cuyos intervalos de confianza se solapan, lo que indica que no hay diferencias significativas en sus medias. En la Figura 9, los tratamientos C-0.3% y C-0.7% Sikament 290N comparten la letra de agrupación C, lo que sugiere que sus valores de resistencia están dentro de un rango similar o coinciden en parte de su intervalo de confianza.

Figura 9.

Gráfica de cajas de rango Inter cuartil de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 03 días según tratamiento de estudio con medias y valores atípicos.



La gráfica boxplot (diagrama de caja) representa el comportamiento de cada tratamiento, indicando el desempeño y la dispersión de los datos obtenidos en las pruebas de resistencia a compresión. Cada caja muestra la distribución de los datos, desde el primer cuartil hasta el tercer cuartil, con la mediana marcada en el interior. Los puntos fuera de las cajas representan los valores atípicos.

El tratamiento que mostró mejor desempeño en términos de dispersión fue C-1.1% Sikament 290N, ya que tiene la menor dispersión entre sus datos, lo que sugiere que los valores de resistencia a compresión fueron más consistentes. Aunque el tratamiento C-0.5% Sikament 290N presentó una resistencia promedio mayor (123.28 kg/cm²), su dispersión fue más amplia, indicando una mayor variabilidad en los resultados. Por el contrario, el tratamiento con C-1.1% Sikament 290N obtuvo una resistencia promedio de 119.55 kg/cm² con menor dispersión, lo que indica resultados más homogéneos y comparables entre sí durante el ensayo a los 03 días.

5.2.4. Resultados de resistencia a compresión de los especímenes a los 07 días

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto sin adición de aditivos, como se muestra en la Tabla 18. El objetivo de estos ensayos fue evaluar el desarrollo de la resistencia a la compresión a una semana de curado, con una resistencia objetivo de 210 kg/cm². De acuerdo con el modelo de la ACI 209.2R-08, a los siete días, el concreto debe alcanzar aproximadamente el 67.4% de su resistencia final a los 28 días. Este valor sirve como referencia para comparar los resultados obtenidos en estos especímenes sin aditivos.

Tabla 18

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-SIN-7D-1	29/03/2017	5/04/2017	7	121.40	153.89	73.28%
C-SIN-7D-2	29/03/2017	5/04/2017	7	139.70	177.09	84.33%
C-SIN-7D-3	29/03/2017	5/04/2017	7	144.90	183.68	87.47%
C-SIN-7D-4	29/03/2017	5/04/2017	7	143.70	182.16	86.74%
C-SIN-7D-5	29/03/2017	5/04/2017	7	146.50	185.71	88.43%
C-SIN-7D-6	29/03/2017	5/04/2017	7	128.10	162.39	77.33%
C-SIN-7D-7	29/03/2017	5/04/2017	7	129.10	163.65	77.93%
C-SIN-7D-8	29/03/2017	5/04/2017	7	138.00	174.94	83.30%
C-SIN-7D-9	29/03/2017	5/04/2017	7	130.10	164.92	78.53%
C-SIN-7D-10	29/03/2017	5/04/2017	7	125.40	158.96	75.70%
C-SIN-7D-11	29/03/2017	5/04/2017	7	139.50	176.84	84.21%
C-SIN-7D-12	29/03/2017	5/04/2017	7	133.80	169.61	80.77%
C-SIN-7D-13	29/03/2017	5/04/2017	7	137.70	174.56	83.12%
C-SIN-7D-14	29/03/2017	5/04/2017	7	141.50	179.37	85.42%
C-SIN-7D-15	29/03/2017	5/04/2017	7	128.10	162.39	77.33%

Los resultados presentados en la Tabla 18 muestran resistencias a la compresión que varían entre 153.89 kg/cm² y 185.71 kg/cm², lo que representa entre el 73.28% y el 88.43% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Estos valores superan el porcentaje estimado por la ACI para los siete días, lo que indica que el concreto sin aditivos logró un desarrollo de resistencia satisfactorio a esta edad temprana. Aunque las resistencias fueron consistentes y dentro de un rango adecuado, se espera que las muestras con adición de Sikament presenten un comportamiento diferente en las próximas etapas de ensayo, debido a la influencia del aditivo en la ganancia de resistencia del concreto.

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.3% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 19. Este tratamiento se evaluó para analizar la resistencia a compresión a esta etapa intermedia, comparando los resultados con el concreto sin aditivo y otros tratamientos. Según el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debería alcanzar

aproximadamente el 67.4% de su resistencia final a los 28 días, siendo la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 19

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.30-7D-1	29/03/2017	5/04/2017	7	154.50	195.85	93.26%
C-0.30-7D-2	29/03/2017	5/04/2017	7	149.90	190.02	90.49%
C-0.30-7D-3	29/03/2017	5/04/2017	7	143.50	181.91	86.62%
C-0.30-7D-4	29/03/2017	5/04/2017	7	153.20	194.20	92.48%
C-0.30-7D-5	29/03/2017	5/04/2017	7	147.90	187.49	89.28%
C-0.30-7D-6	29/03/2017	5/04/2017	7	154.60	195.98	93.32%
C-0.30-7D-7	29/03/2017	5/04/2017	7	146.60	185.84	88.49%
C-0.30-7D-8	29/03/2017	5/04/2017	7	134.00	169.87	80.89%
C-0.30-7D-9	29/03/2017	5/04/2017	7	153.00	193.95	92.36%
C-0.30-7D-10	29/03/2017	5/04/2017	7	148.40	188.12	89.58%
C-0.30-7D-11	29/03/2017	5/04/2017	7	143.10	181.40	86.38%
C-0.30-7D-12	29/03/2017	5/04/2017	7	146.40	185.58	88.37%
C-0.30-7D-13	29/03/2017	5/04/2017	7	139.50	176.84	84.21%
C-0.30-7D-14	29/03/2017	5/04/2017	7	140.40	177.98	84.75%
C-0.30-7D-15	29/03/2017	5/04/2017	7	141.50	179.37	85.42%

Los resultados obtenidos para el tratamiento con 0.3% de Sikament 290N muestran resistencias que oscilan entre 169.87 kg/cm² y 195.98 kg/cm², lo que equivale a un rango de 80.89% a 93.32% de la resistencia objetivo. Al comparar estos valores con el tratamiento sin aditivo, que presentó un rango de 73.28% a 88.43%, se observa que el tratamiento con 0.3% de Sikament 290N está dentro de un rango superior. Sin embargo, al comparar con los tratamientos anteriores, los valores obtenidos están alineados con los rangos observados, lo que requiere un análisis estadístico adicional para determinar la relevancia de estas diferencias.

Para determinar si estas diferencias en resistencia a compresión son significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió verificar si el incremento en la

dosificación del aditivo impactó de manera significativa en el comportamiento del concreto a los 7 días.

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.5% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 20. Este tratamiento se evaluó para analizar la resistencia a compresión y compararla con los tratamientos previos y el concreto sin aditivo. De acuerdo con el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debía alcanzar alrededor del 67.4% de su resistencia objetivo a los 28 días, con un valor objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 20

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.50-7D-1	31/04/2017	7/04/2017	7	138.40	175.44	83.54%
C-0.50-7D-2	31/04/2017	7/04/2017	7	148.30	187.99	89.52%
C-0.50-7D-3	31/04/2017	7/04/2017	7	175.90	222.98	106.18%
C-0.50-7D-4	31/04/2017	7/04/2017	7	156.90	198.89	94.71%
C-0.50-7D-5	31/04/2017	7/04/2017	7	151.50	192.05	91.45%
C-0.50-7D-6	31/04/2017	7/04/2017	7	156.50	198.39	94.47%
C-0.50-7D-7	31/04/2017	7/04/2017	7	161.20	204.35	97.31%
C-0.50-7D-8	31/04/2017	7/04/2017	7	151.20	191.67	91.27%
C-0.50-7D-9	31/04/2017	7/04/2017	7	146.30	185.46	88.31%
C-0.50-7D-10	31/04/2017	7/04/2017	7	152.50	193.32	92.06%
C-0.50-7D-11	31/04/2017	7/04/2017	7	150.00	190.15	90.55%
C-0.50-7D-12	31/04/2017	7/04/2017	7	159.50	202.19	96.28%
C-0.50-7D-13	31/04/2017	7/04/2017	7	176.30	223.49	106.42%
C-0.50-7D-14	31/04/2017	7/04/2017	7	161.10	204.22	97.25%
C-0.50-7D-15	31/04/2017	7/04/2017	7	152.30	193.06	91.94%

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.5% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 20. Este tratamiento se evaluó para analizar la resistencia a compresión y compararla con los tratamientos previos y el concreto sin aditivo. De acuerdo con el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debía alcanzar alrededor del 67.4% de su resistencia objetivo a los 28 días, con un valor objetivo de 210 kg/cm².

Los resultados para este tratamiento muestran resistencias a compresión que varían entre 175.44 kg/cm² y 223.49 kg/cm², lo que representa un rango de 83.54% a 106.42% de la resistencia objetivo. Comparado con los resultados del tratamiento con 0.3% de Sikament 290N, que oscilaron entre 80.89% y 93.32%, el tratamiento con 0.5% alcanzó valores superiores. Sin embargo, para determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se debe realizar un análisis de varianza (ANOVA) y aplicar la prueba de rango múltiple de Tukey para confirmar si el aumento en la dosificación del aditivo tiene un impacto significativo en la resistencia a los 7 días.

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.7% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 21. Este tratamiento se evaluó para analizar la resistencia a compresión y compararla con los tratamientos anteriores, así como con el concreto sin aditivo. Según el modelo de la ACI 209.2R-08, se esperaba que el concreto alcanzara aproximadamente el 67.4% de su resistencia objetivo a los 28 días, siendo el valor objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 21

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.70-7D-1	31/04/2017	7/04/2017	7	157.70	199.91	95.19%
C-0.70-7D-2	31/04/2017	7/04/2017	7	162.40	205.87	98.03%
C-0.70-7D-3	31/04/2017	7/04/2017	7	158.90	201.43	95.92%
C-0.70-7D-4	31/04/2017	7/04/2017	7	156.50	198.39	94.47%
C-0.70-7D-5	31/04/2017	7/04/2017	7	171.40	217.28	103.46%
C-0.70-7D-6	31/04/2017	7/04/2017	7	148.40	188.12	89.58%
C-0.70-7D-7	31/04/2017	7/04/2017	7	150.10	190.27	90.61%
C-0.70-7D-8	31/04/2017	7/04/2017	7	151.30	191.80	91.33%
C-0.70-7D-9	31/04/2017	7/04/2017	7	151.10	191.54	91.21%
C-0.70-7D-10	31/04/2017	7/04/2017	7	156.70	198.64	94.59%
C-0.70-7D-11	31/04/2017	7/04/2017	7	151.90	192.56	91.69%
C-0.70-7D-12	31/04/2017	7/04/2017	7	169.40	214.74	102.26%
C-0.70-7D-13	31/04/2017	7/04/2017	7	151.70	192.30	91.57%
C-0.70-7D-14	31/04/2017	7/04/2017	7	162.70	206.25	98.21%
C-0.70-7D-15	31/04/2017	7/04/2017	7	148.70	188.50	89.76%

Los resultados del tratamiento con 0.7% de Sikament 290N muestran resistencias a compresión que varían entre 188.12 kg/cm² y 217.28 kg/cm², representando un rango de 89.58% a 103.46% de la resistencia objetivo. Al comparar estos resultados con los obtenidos con una dosificación del 0.5%, cuyas resistencias oscilaron entre 83.54% y 106.42%, el tratamiento con 0.7% mostró un rango de resistencias similar, pero con una menor variación en los valores superiores. Para determinar si estas diferencias son significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió verificar si el aumento en la dosificación del aditivo impactó de manera significativa en el comportamiento del concreto a los 7 días.

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.9% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 22. Este tratamiento se evaluó para determinar su impacto en la resistencia a compresión en comparación con los tratamientos anteriores. Basado en el modelo de la ACI

209.2R-08, el concreto debería alcanzar aproximadamente el 67.4% de su resistencia objetivo a los 28 días, con una resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 22

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.90-7D-1	31/03/2017	3/04/2017	7	145.00	183.81	87.53%
C-0.90-7D-2	31/03/2017	3/04/2017	7	143.90	182.42	86.86%
C-0.90-7D-3	31/03/2017	3/04/2017	7	140.50	178.11	84.81%
C-0.90-7D-4	31/03/2017	3/04/2017	7	142.20	180.26	85.84%
C-0.90-7D-5	31/03/2017	3/04/2017	7	153.40	194.46	92.60%
C-0.90-7D-6	31/03/2017	3/04/2017	7	141.60	179.50	85.48%
C-0.90-7D-7	31/03/2017	3/04/2017	7	146.00	185.08	88.13%
C-0.90-7D-8	31/03/2017	3/04/2017	7	146.40	185.58	88.37%
C-0.90-7D-9	31/03/2017	3/04/2017	7	142.00	180.01	85.72%
C-0.90-7D-10	31/03/2017	3/04/2017	7	141.30	179.12	85.29%
C-0.90-7D-11	31/03/2017	3/04/2017	7	144.10	182.67	86.99%
C-0.90-7D-12	31/03/2017	3/04/2017	7	138.30	175.32	83.48%
C-0.90-7D-13	31/03/2017	3/04/2017	7	138.50	175.57	83.60%
C-0.90-7D-14	1/04/2017	4/04/2017	7	141.7	179.63	85.54%
C-0.90-7D-15	1/04/2017	4/04/2017	7	140.7	178.36	84.93%

Los resultados de la Tabla 22 muestran resistencias a compresión que varían entre 175.32 kg/cm² y 194.46 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 83.48% a 92.60% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². En comparación con los resultados de las dosificaciones anteriores, como el 0.7% de Sikament 290N, cuyos valores oscilaron entre 89.58% y 103.46%, el tratamiento con 0.9% mostró un rango inferior en los valores superiores. Sin embargo, estos resultados siguen dentro del rango esperado. Para confirmar si estas diferencias en resistencia a compresión son estadísticamente significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió verificar si el aumento en la dosificación del aditivo tuvo un impacto significativo en el comportamiento del concreto a los 7 días.

A los siete días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 1.1% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 23. Este tratamiento fue el que recibió la mayor dosificación del aditivo, y se evaluó para observar su impacto en la resistencia a compresión en comparación con las dosificaciones anteriores. Según el modelo de la ACI 209.2R-08, el concreto debería alcanzar aproximadamente el 67.4% de su resistencia a los 28 días, con una resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 23

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 7 días del Tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-1.10-7D-1	1/04/2017	8/04/2017	7	163.90	207.77	98.94%
C-1.10-7D-2	1/04/2017	8/04/2017	7	156.30	198.13	94.35%
C-1.10-7D-3	1/04/2017	8/04/2017	7	159.00	201.56	95.98%
C-1.10-7D-4	1/04/2017	8/04/2017	7	159.60	202.32	96.34%
C-1.10-7D-5	1/04/2017	8/04/2017	7	163.90	207.77	98.94%
C-1.10-7D-6	1/04/2017	8/04/2017	7	147.60	187.11	89.10%
C-1.10-7D-7	1/04/2017	8/04/2017	7	160.20	203.08	96.70%
C-1.10-7D-8	1/04/2017	8/04/2017	7	170.60	216.26	102.98%
C-1.10-7D-9	1/04/2017	8/04/2017	7	166.80	211.44	100.69%
C-1.10-7D-10	1/04/2017	8/04/2017	7	168.10	213.09	101.47%
C-1.10-7D-11	1/04/2017	8/04/2017	7	161.80	205.11	97.67%
C-1.10-7D-12	1/04/2017	8/04/2017	7	165.60	209.92	99.96%
C-1.10-7D-13	1/04/2017	8/04/2017	7	163.90	207.77	98.94%
C-1.10-7D-14	1/04/2017	8/04/2017	7	163.20	206.88	98.51%
C-1.10-7D-15	1/04/2017	8/04/2017	7	146.50	185.71	88.43%

Los resultados de la Tabla 23 muestran resistencias a compresión que varían entre 185.71 kg/cm² y 216.26 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 88.43% a 102.98% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Estos valores están en el rango más alto en comparación con los tratamientos anteriores, como el 0.9% de Sikament 290N, cuyos valores oscilaron entre 83.48% y 92.60%. Sin embargo, para evaluar si estas diferencias en resistencia a compresión son significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rango múltiple de Tukey. Esto permitió confirmar si el incremento en la dosificación del

aditivo influyó de manera significativa en el comportamiento del concreto a los 7 días.

5.2.5. Resultados de análisis estadístico de resistencia a compresión de los especímenes a los 07 días

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto del factor "tipo de concreto" en la resistencia a compresión de los especímenes a la edad de 7 días. El factor "tipo de concreto" incluyó seis niveles, que corresponden a los distintos tratamientos: C-0.3% SIKAMENT 290N, C-0.5% SIKAMENT 290N, C-0.7% SIKAMENT 290N, C-0.9% SIKAMENT 290N, C-1.1% SIKAMENT 290N, y C-SIN SIKAMENT 290N (concreto sin aditivo). La variable continua evaluada fue la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos.

El análisis consistió en calcular la media de resistencia a la compresión para cada grupo de tratamiento, y luego comparar la variabilidad de las medias entre los grupos utilizando el ANOVA. En total, se realizaron 15 comparaciones entre los tratamientos. El método empleado partió de la hipótesis nula, que supone que todas las medias de los grupos son iguales, en comparación con la hipótesis alterna, que establece que al menos una de las medias es diferente. Se empleó un intervalo de confianza del 95% para la evaluación.

Tabla 24

Análisis de Varianza de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días.

Fuente	G L	SC		Val or F	Val or p
		Ajus t.	MC Ajust.		
Tratamien to	5	1162	2325.7	27.7	0.00
Error	8	7043	83.85	4	0
	4				
Total	8	1867			
	9	2			

Nota: Nivel de significación estadística en el ANOVA ($0.05 > P > 0.05$); si ($P > 0.05$); no hay significancia estadística. GL (Grados de Libertad); SC (Suma de cuadrado); CM (Cuadrado Medio), F (F calculado), Valor P (valor de probabilidad).

El valor de probabilidad ($p < 0.05$) indica que existió significancia estadística en el ANOVA, lo que sugiere que no todas las medias de resistencia a compresión son iguales. Por lo tanto, se concluyó que al menos uno de los tratamientos muestra una diferencia significativa en comparación con los demás.

Tabla 25

Medias de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días según tratamiento.

Tratamiento	N	Media (kg/cm ²)	Desv.Est.	IC de 95%
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	185.63	7.74	(180.92, 190.33)
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	197.58	12.87	(192.87, 202.28)
C-0.7% SIKAMENT 290N	15	198.51	9.19	(193.80, 203.21)
C-0.9% SIKAMENT 290N	15	181.33	4.75	(176.62, 186.03)
C-1.1% SIKAMENT 290N	15	204.26	8.61	(199.56, 208.96)
C-SIN SIKAMENT 290N	15	171.34	9.81	(166.64, 176.05)

Nota: Desv.Est. agrupada = 9.15694

N (Numero de repeticiones), Desv.Est. (Desviación Estándar), IC de 95% (Intervalos con una confianza del 95%)

En el análisis de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a los 7 días, se evaluaron seis tratamientos, incluidos diferentes porcentajes de aditivo SIKAMENT 290N y un tratamiento sin aditivo. A partir de las medias obtenidas y el cálculo de los intervalos de confianza al 95%, se observó la variabilidad en los resultados y la precisión de las estimaciones para cada tratamiento.

El tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N, con una media de 185.63 kg/cm² y una desviación estándar de 7.74, presentó un intervalo de confianza que osciló entre 180.92 y 190.33 kg/cm², lo que indicó una mayor dispersión en comparación con otros tratamientos. En el caso del tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N, se obtuvo una media de 197.58 kg/cm² y un intervalo de confianza entre 192.87 y 202.28 kg/cm², lo que sugirió una resistencia más elevada y consistente que el tratamiento anterior.

Para el tratamiento con C-0.7% SIKAMENT 290N, se alcanzó una media de 198.51 kg/cm² con un intervalo de confianza de 193.80 a 203.21 kg/cm², lo que mostró resultados cercanos al tratamiento con 0.5% de aditivo, pero con menor variabilidad. El tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N fue el que obtuvo la mayor resistencia, con una media de 204.26 kg/cm² y un intervalo de confianza de 199.56 a 208.96 kg/cm², lo que lo posicionó como el tratamiento con mejor desempeño a los 7 días.

Por otro lado, el tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N, con una media de 181.33 kg/cm² y un intervalo de confianza entre 176.62 y 186.03 kg/cm², mostró un

rendimiento inferior a los tratamientos con 0.5%, 0.7% y 1.1% de aditivo, lo que evidenció que un mayor porcentaje de aditivo no necesariamente incrementó de manera significativa la resistencia a la compresión. Finalmente, el tratamiento sin aditivo, C-SIN SIKAMENT 290N, tuvo la menor resistencia a la compresión, con una media de 171.34 kg/cm² y un intervalo de confianza entre 166.64 y 176.05 kg/cm², lo que corroboró el efecto positivo del aditivo SIKAMENT en la mejora de la resistencia del concreto.

Estos resultados permitieron concluir que los tratamientos con mayores porcentajes de aditivo (0.7%, 0.9% y 1.1%) proporcionaron resistencias a la compresión significativamente superiores a las del concreto sin aditivo, con menor variabilidad en los resultados, evidenciando un efecto estabilizador en el comportamiento mecánico del concreto.

5.2.6. Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 3 días según tratamiento.

Para evaluar las diferencias estadísticas entre los tratamientos de concreto, se utilizó el método de rango múltiple de Tukey, el cual permitió comparar las medias de resistencia a la compresión de los diferentes tratamientos y agruparlos según su similitud o diferencia estadística. Este análisis identificó las diferencias significativas entre las medias y agrupó los tratamientos en categorías según el comportamiento de su resistencia.

Los resultados obtenidos para los especímenes a la edad de 7 días se muestran en la Tabla 26, donde los tratamientos se agruparon en distintas letras, representando aquellos que no presentan diferencias significativas en sus medias.

Tabla 26

Agrupación de tratamientos según resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media (kg/cm²)	Agrupación
C-1.1% SIKAMENT 290N	15	204.26	A
C-0.7% SIKAMENT 290N	15	198.51	A
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	197.58	A
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	185.63	B
C-0.9% SIKAMENT 290N	15	181.33	B
C-SIN SIKAMENT 290N	15	171.34	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El método de Tukey, lo que hace es la comparación entre cada uno de los tratamientos, organización de la media de mayor a menor y agrupación correspondiente para cada tratamiento realizado. En este caso la agrupación esta denotada por las letras A, B y C, por lo tanto, nos quiere decir que: Las medias que no comparten una letra de agrupación son significativamente diferentes.

El análisis de Tukey para la resistencia a la compresión a los 7 días revela las diferencias significativas entre los tratamientos que contienen Sikament 290N en distintas dosis. A continuación, se presenta el análisis por tratamiento y agrupación:

1. Tratamiento C-1.1% Sikament 290N: Este tratamiento alcanzó la mayor resistencia, con una media de 204.26 kg/cm², situándose en la agrupación A. Esto indica que el concreto con 1.1% de aditivo presenta una resistencia significativamente superior en comparación con los tratamientos de las agrupaciones B y C. La diferencia con los tratamientos de menores dosis o sin aditivo es clara, posicionando este tratamiento como el más eficiente en esta etapa.
2. Tratamiento C-0.7% Sikament 290N: Con una media de 198.51 kg/cm², este tratamiento también se encuentra en la agrupación A, lo que indica que su resistencia es comparable con la del tratamiento de 1.1%. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos, sugiriendo que aumentar la dosis de Sikament de 0.7% a 1.1% no genera una mejora

considerable en la resistencia a los 7 días. Ambos tratamientos son los más eficaces en comparación con los de las agrupaciones B y C.

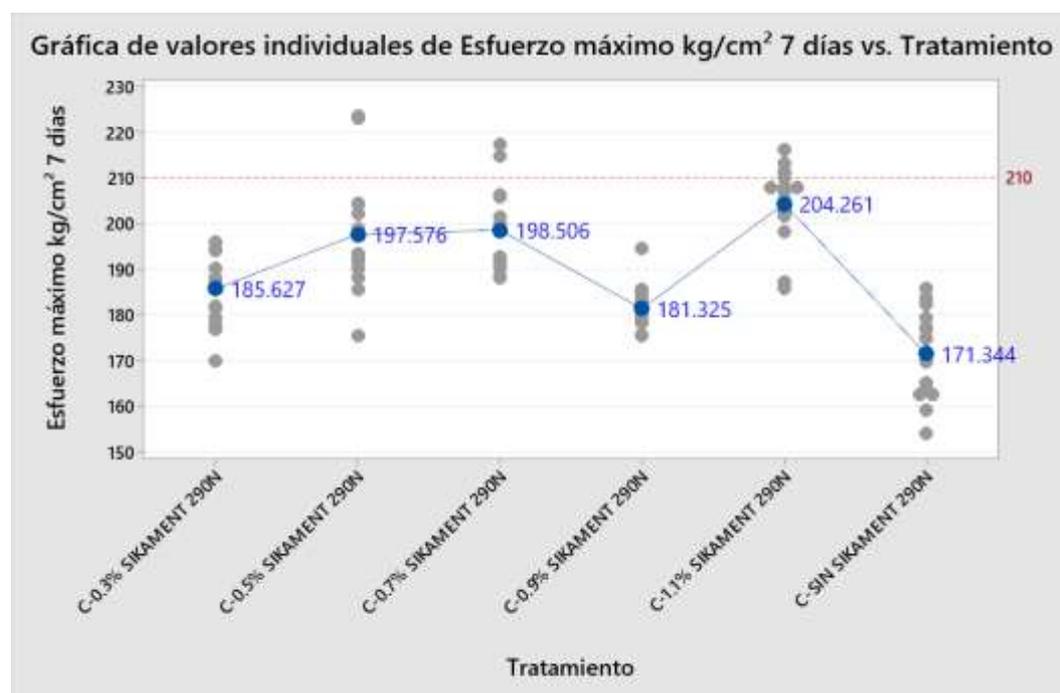
3. Tratamiento C-0.5% Sikament 290N: Este tratamiento presenta una media de 197.58 kg/cm², también dentro de la agrupación A, lo que significa que no es significativamente diferente de los tratamientos con dosis más altas de Sikament (0.7% y 1.1%). Esto implica que una dosis intermedia de 0.5% ya logra una resistencia a la compresión comparable a las dosis mayores, sugiriendo que una mayor cantidad de aditivo no necesariamente incrementa la resistencia en esta fase.
4. Tratamiento C-0.3% Sikament 290N: Con una media de 185.63 kg/cm², este tratamiento se sitúa en la agrupación B, lo que indica que su resistencia es significativamente inferior a la de los tratamientos con 0.5%, 0.7% y 1.1% de aditivo. Sin embargo, sigue siendo más eficiente que los tratamientos con menores dosis o sin aditivo, como el de C-SIN Sikament. Este tratamiento demuestra que dosis más bajas de Sikament pueden incrementar la resistencia a compresión, pero no tanto como las dosis más altas.
5. Tratamiento C-0.9% Sikament 290N: Este tratamiento, con una media de 181.33 kg/cm², también pertenece a la agrupación B, lo que indica que su resistencia no es significativamente diferente de la del tratamiento con 0.3% Sikament. Esto sugiere que, a pesar de tener una dosis mayor de aditivo, no genera una mejora considerable en la resistencia en comparación con la dosis más baja (0.3%), y sigue siendo significativamente inferior a las dosis más altas (0.5% a 1.1%).
6. Tratamiento C-SIN Sikament 290N: El concreto sin aditivo presentó la menor resistencia a compresión, con una media de 171.34 kg/cm², ubicándose en la agrupación C. Esto indica que su resistencia es significativamente inferior a la de todos los tratamientos con aditivo Sikament, lo que refuerza la conclusión de que la adición de Sikament tiene un impacto positivo en la resistencia del concreto a los 7 días.

El análisis comparativo de los tratamientos con distintas dosificaciones de Sikament 290N revela que las dosis 0.5%, 0.9% y 1.1%, generan resistencias a la compresión significativamente mayores a los 7 días en comparación con las dosis de 0.3% y 0.5%, así como con el concreto sin aditivo. Los tratamientos con

0.9% y 1.1% destacan por sus resistencias más elevadas, sin diferencias estadísticas entre ellos, lo que sugiere que, a partir del 0.5%, no se observan mejoras significativas en la resistencia. Por otro lado, los tratamientos con 0.3% y 0.9% de aditivo, aunque mejoran el rendimiento en comparación con el concreto sin aditivo, muestran resistencias significativamente menores frente a las dosificaciones más altas. Esto evidencia que la adición de Sikament 290N en niveles superiores al 0.5% optimiza el comportamiento del concreto, siendo estas dosificaciones las más recomendables para alcanzar mayores resistencias a edades tempranas.

Figura 10.

Gráfica de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 07 días según tratamiento de estudio con medias



La gráfica de valores individuales presenta la dispersión de los esfuerzos máximos de compresión de cada tratamiento a los 7 días. Los puntos grises representan los resultados individuales de las 15 repeticiones por tratamiento, mientras que los puntos azules muestran la media de cada grupo.

C-0.3% SIKAMENT 290N: Este tratamiento mostró una media de 185.63 kg/cm² con una dispersión moderada, lo que sugiere cierta variabilidad entre los

especímenes, aunque en un rango más controlado en comparación con otros tratamientos.

C-0.5% SIKAMENT 290N: Con una media de 197.58 kg/cm², este tratamiento presentó una mayor dispersión, lo que indica diferencias más pronunciadas entre los especímenes. Esto sugiere que, aunque la resistencia media fue alta, los resultados no fueron consistentes entre todas las muestras.

C-0.7% SIKAMENT 290N: La media fue de 198.51 kg/cm², y su dispersión fue menor que en el tratamiento anterior, mostrando mayor consistencia entre los especímenes y menor variabilidad en los resultados.

C-0.9% SIKAMENT 290N: Con una media de 181.33 kg/cm², este tratamiento tuvo una dispersión reducida, lo que sugiere que los especímenes respondieron de manera más uniforme, a pesar de tener una menor resistencia en comparación con otros tratamientos.

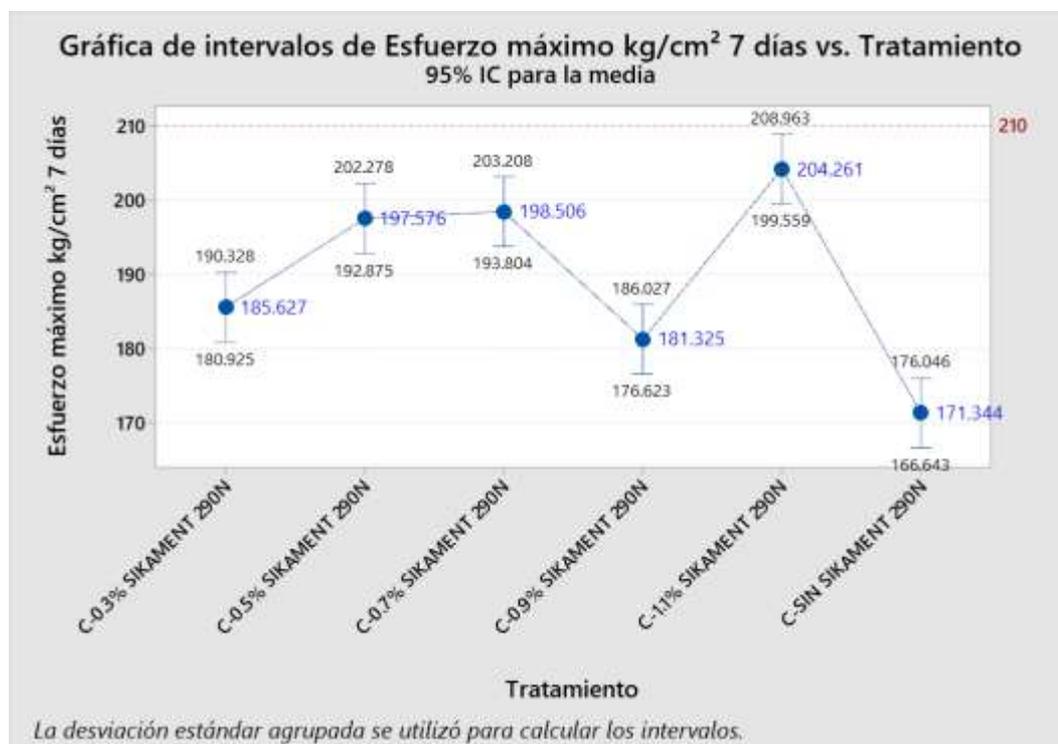
C-1.1% SIKAMENT 290N: Este tratamiento, con una media de 204.26 kg/cm², mostró la mayor resistencia, pero con una dispersión considerable. Esto indica que, aunque el promedio fue alto, hubo diferencias notables entre los especímenes, lo que podría sugerir variaciones en el comportamiento del concreto.

C-SIN SIKAMENT 290N: El concreto sin aditivo presentó la media más baja de 171.34 kg/cm² y una alta dispersión. Esto refleja una menor resistencia y mayor variabilidad en los resultados, lo que puede asociarse a la ausencia del aditivo.

La dispersión observada en la gráfica refleja cómo algunos tratamientos tuvieron resultados más consistentes que otros, mientras que en algunos casos, la variabilidad entre especímenes fue más pronunciada, lo que indica diferencias en la uniformidad del efecto del tratamiento en los especímenes ensayados.

Figura 11.

Gráfica de intervalos con un índice de confianza de 95% de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 07 días según tratamiento de estudio con medias



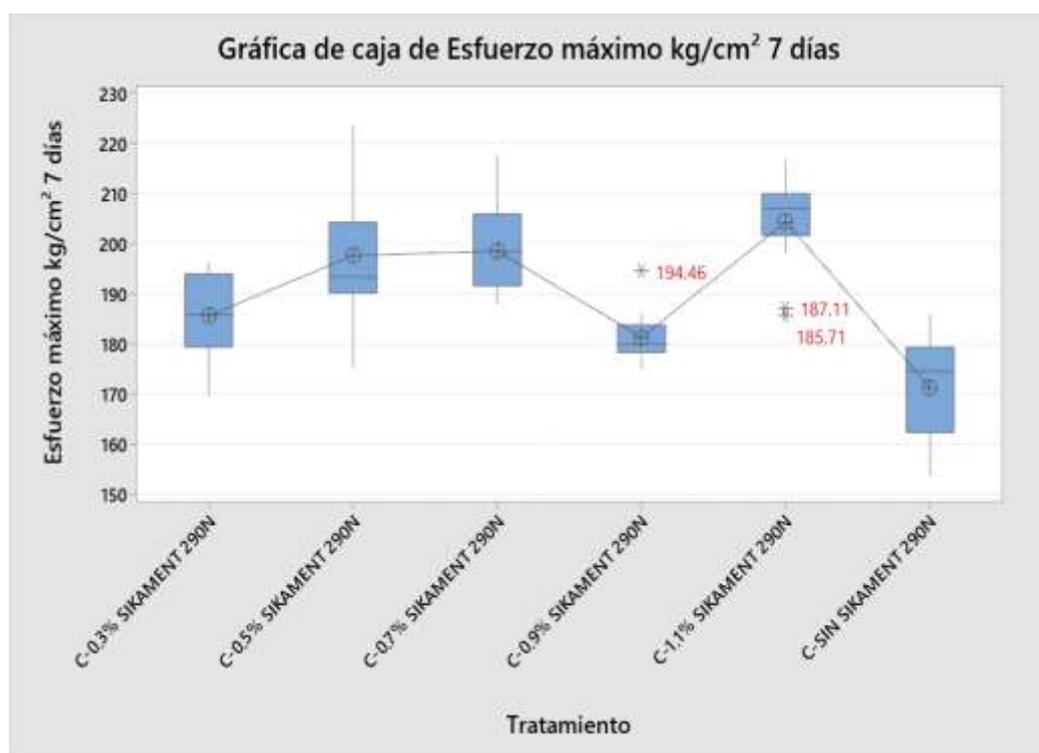
La gráfica de intervalos muestra el rango de confianza del 95% para cada tratamiento, indicando el valor de la media y su dispersión. Esto refleja cómo se posiciona cada media de resistencia a la compresión. Por ejemplo, en el tratamiento con C-0.3% SIKAMENT 290N, la resistencia media obtenida fue de 185.63 kg/cm², dentro de un intervalo de (180.92, 190.33) kg/cm². Así, se puede apreciar el comportamiento de la resistencia a compresión para los diferentes tratamientos a los 7 días.

Al analizar la dispersión de los tratamientos que comparten una letra de agrupación, se observa que hay traslape entre ellos o comparten un intervalo de confianza similar. Por ejemplo, los tratamientos C-0.5% SIKAMENT 290N y C-0.7% SIKAMENT 290N pertenecen a la agrupación "A", lo que indica que sus valores de resistencia presentan un traslape en sus intervalos de confianza (ver Figura 13). Esto significa que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre estos dos tratamientos. Sin embargo, los tratamientos como C-0.3% SIKAMENT 290N y C-1.1% SIKAMENT 290N pertenecen a diferentes

agrupaciones, lo que refleja que existe una diferencia significativa en sus resistencias, evidenciada por el hecho de que no comparten el mismo intervalo de confianza.

Figura 12.

Gráfica de cajas de rango Inter cuartil de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 07 días según tratamiento de estudio con medias y valores atípicos.



La gráfica boxplot o diagrama de caja ilustra el comportamiento de la resistencia a compresión de los especímenes a los 7 días, mostrando la dispersión y los valores atípicos para cada tratamiento. Esta gráfica permite identificar qué tratamiento tuvo un mejor desempeño en términos de consistencia y homogeneidad de los resultados.

De acuerdo con la gráfica, el tratamiento con C-0.9% SIKAMENT 290N presenta una dispersión mínima en comparación con los demás tratamientos, lo que indica mayor consistencia en los resultados obtenidos. A pesar de que este tratamiento no tiene la mayor resistencia promedio, su homogeneidad lo hace destacar.

En contraste, el tratamiento con C-0.7% SIKAMENT 290N presenta una mayor dispersión, aunque su resistencia promedio es superior, alcanzando 198.51 Kg/cm². Esta mayor variabilidad puede tener implicaciones en la confiabilidad del tratamiento.

Se observa que dos puntos fueron eliminados como valores atípicos (representados en color rojo). Estos puntos corresponden a mediciones fuera del rango esperado para los tratamientos con C-1.1% SIKAMENT 290N y C-0.9% SIKAMENT 290N. Estos valores anómalos podrían deberse a factores externos o errores durante el proceso experimental, lo que justifica su exclusión en el análisis estadístico.

En resumen, aunque tratamientos como C-0.7% SIKAMENT 290N presentan una mayor resistencia promedio, su dispersión es significativa. Por otro lado, el tratamiento con C-0.9% SIKAMENT 290N destaca por la consistencia de sus resultados, presentando una mínima dispersión y mayor fiabilidad.

5.2.7. Resultados de Resistencia a compresión de los especímenes a los 28 días

A los 28 días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto sin adición de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 27. Este tratamiento fue el control para los demás tratamientos con aditivo, y su objetivo era alcanzar la resistencia estándar de 210 kg/cm². Según la ACI 209.2R-08, se espera que el concreto haya alcanzado el 100% de su resistencia a esta edad.

Tabla 27

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm²	% de 210 kg/cm²
C-SIN-28D-1	29/03/2017	5/04/2017	28	224.00	283.95	135.22%
C-SIN-28D-2	29/03/2017	5/04/2017	28	222.3	281.80	134.19%
C-SIN-28D-3	29/03/2017	5/04/2017	28	227.6	288.52	137.39%
C-SIN-28D-4	29/03/2017	5/04/2017	28	221.8	281.17	133.89%
C-SIN-28D-5	29/03/2017	5/04/2017	28	221.7	281.04	133.83%
C-SIN-28D-6	29/03/2017	5/04/2017	28	219.9	278.76	132.74%
C-SIN-28D-7	29/03/2017	5/04/2017	28	236.7	300.05	142.88%
C-SIN-28D-8	29/03/2017	5/04/2017	28	219.1	277.74	132.26%
C-SIN-28D-9	29/03/2017	5/04/2017	28	239.1	303.10	144.33%
C-SIN-28D-10	29/03/2017	5/04/2017	28	224.5	284.59	135.52%
C-SIN-28D-11	29/03/2017	5/04/2017	28	213.9	271.15	129.12%
C-SIN-28D-12	29/03/2017	5/04/2017	28	233.1	295.49	140.71%
C-SIN-28D-13	29/03/2017	5/04/2017	28	219.5	278.25	132.50%
C-SIN-28D-14	29/03/2017	5/04/2017	28	238.6	302.46	144.03%
C-SIN-28D-15	29/03/2017	5/04/2017	28	239.5	303.60	144.57%

Los resultados de la Tabla 27 muestran que las resistencias a compresión varían entre 271.15 kg/cm² y 303.60 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 129.12% a 144.57% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Estas resistencias son significativamente superiores a la resistencia de diseño, indicando que el concreto sin aditivos alcanzó una resistencia mayor de lo esperado, lo cual es típico para concretos que han sido adecuadamente curados.

A los 28 días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.3% de Sikament 290N, como se muestra en la Tabla 28. Este tratamiento evaluó el impacto de esta dosificación en la resistencia a compresión del concreto, comparándolo con el tratamiento sin aditivo.

Tabla 28

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo	
					máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.30-28D-1	29/03/2017	5/04/2017	28	238.8	302.72	144.15%
C-0.30-28D-2	29/03/2017	5/04/2017	28	252.9	320.59	152.66%
C-0.30-28D-3	29/03/2017	5/04/2017	28	254.8	323.00	153.81%
C-0.30-28D-4	29/03/2017	5/04/2017	28	264.3	335.04	159.54%
C-0.30-28D-5	29/03/2017	5/04/2017	28	257.8	326.80	155.62%
C-0.30-28D-6	29/03/2017	5/04/2017	28	269.7	341.89	162.80%
C-0.30-28D-7	29/03/2017	5/04/2017	28	247.4	313.62	149.34%
C-0.30-28D-8	29/03/2017	5/04/2017	28	254.5	322.62	153.63%
C-0.30-28D-9	29/03/2017	5/04/2017	28	259.5	328.96	156.65%
C-0.30-28D-10	29/03/2017	5/04/2017	28	237.8	301.45	143.55%
C-0.30-28D-11	29/03/2017	5/04/2017	28	268.6	340.49	162.14%
C-0.30-28D-12	29/03/2017	5/04/2017	28	261.8	331.87	158.03%
C-0.30-28D-13	29/03/2017	5/04/2017	28	250.8	317.93	151.39%
C-0.30-28D-14	29/03/2017	5/04/2017	28	255.3	323.63	154.11%
C-0.30-28D-15	29/03/2017	5/04/2017	28	245.7	311.46	148.32%

Los resultados de la Tabla 29 muestran resistencias a compresión que varían entre 301.45 kg/cm² y 341.89 kg/cm², lo que corresponde a un rango de 143.55% a 162.80% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

En comparación con el concreto sin aditivo (ver Tabla 28), cuyo rango de resistencia fue de 129.12% a 144.57%, los especímenes con adición del 0.3% de Sikament 290N mostraron una resistencia superior. Para determinar si estas diferencias son significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió verificar si la adición del aditivo tuvo un efecto significativo en el comportamiento del concreto a los 28 días.

A los 28 días de edad, se ensayaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.5% de Sikament 290N, cuyos resultados se muestran en la Tabla 29. Este tratamiento evaluó si una mayor dosificación del aditivo impactaba la resistencia a compresión en comparación con el tratamiento de 0.3%:

Tabla 29

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.5% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo	
					máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.50-28D-1	31/04/2017	28/04/2017	28	295.00	373.96	178.08%
C-0.50-28D-2	31/04/2017	28/04/2017	28	291.9	370.03	176.20%
C-0.50-28D-3	31/04/2017	28/04/2017	28	278.3	352.79	167.99%
C-0.50-28D-4	31/04/2017	28/04/2017	28	280.9	356.08	169.56%
C-0.50-28D-5	31/04/2017	28/04/2017	28	272.5	345.44	164.49%
C-0.50-28D-6	31/04/2017	28/04/2017	28	277.1	351.27	167.27%
C-0.50-28D-7	31/04/2017	28/04/2017	28	267.0	338.46	161.17%
C-0.50-28D-8	31/04/2017	28/04/2017	28	275.7	349.49	166.42%
C-0.50-28D-9	31/04/2017	28/04/2017	28	260.1	329.72	157.01%
C-0.50-28D-10	31/04/2017	28/04/2017	28	279.1	353.80	168.48%
C-0.50-28D-11	31/04/2017	28/04/2017	28	257.4	326.29	155.38%
C-0.50-28D-12	31/04/2017	28/04/2017	28	278.8	353.42	168.30%
C-0.50-28D-13	31/04/2017	28/04/2017	28	268.2	339.98	161.90%
C-0.50-28D-14	31/04/2017	28/04/2017	28	284.3	360.39	171.62%
C-0.50-28D-15	31/04/2017	28/04/2017	28	284.3	360.39	171.62%

Los valores obtenidos varían entre 329.72 kg/cm² y 373.96 kg/cm², lo que corresponde a un rango del 157.01% al 178.08% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Al comparar estos resultados con el tratamiento de 0.3% de Sikament 290N (ver Tabla 28), que mostró un rango de 143.55% a 162.80%, se observa un

incremento en la resistencia a compresión con la dosificación de 0.5%. Para determinar si este incremento es estadísticamente significativo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió evaluar si el aumento en la dosificación del aditivo influyó significativamente en los resultados de resistencia a los 28 días.

A los 28 días de edad, se evaluaron 15 especímenes de concreto con una adición del 0.7% de Sikament 290N, cuyos resultados se presentan en la Tabla 30:

Tabla 30

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.7% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo	
					máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.70-28D-1	31/04/2017	28/04/2017	28	257.4	326.29	155.38%
C-0.70-28D-2	31/04/2017	28/04/2017	28	257.2	326.04	155.26%
C-0.70-28D-3	31/04/2017	28/04/2017	28	254.2	322.24	153.45%
C-0.70-28D-4	31/04/2017	28/04/2017	28	252.4	319.96	152.36%
C-0.70-28D-5	31/04/2017	28/04/2017	28	267.00	338.46	161.17%
C-0.70-28D-6	31/04/2017	28/04/2017	28	260.9	330.73	157.49%
C-0.70-28D-7	31/04/2017	28/04/2017	28	265.7	336.82	160.39%
C-0.70-28D-8	31/04/2017	28/04/2017	28	286.5	363.18	172.94%
C-0.70-28D-9	31/04/2017	28/04/2017	28	281.5	356.84	169.93%
C-0.70-28D-10	31/04/2017	28/04/2017	28	278.0	352.41	167.81%
C-0.70-28D-11	31/04/2017	28/04/2017	28	262.8	333.14	158.64%
C-0.70-28D-12	31/04/2017	28/04/2017	28	275.0	348.60	166.00%
C-0.70-28D-13	31/04/2017	28/04/2017	28	250.2	317.17	151.03%
C-0.70-28D-14	31/04/2017	28/04/2017	28	249.7	316.53	150.73%
C-0.70-28D-15	31/04/2017	28/04/2017	28	271.1	343.66	163.65%

Los valores obtenidos de resistencia a compresión varían entre 317.17 kg/cm² y 363.18 kg/cm², lo que representa entre el 151.03% y el 172.94% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

En comparación con el tratamiento de 0.5% de Sikament 290N (ver Tabla 30), que mostró un rango entre 329.72 kg/cm² y 373.96 kg/cm² (157.01% a 178.08%), el tratamiento de 0.7% de aditivo tiene un rango ligeramente menor en su parte alta. Para verificar si estas diferencias son significativas en cuanto al incremento de la resistencia, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió determinar si la dosificación del aditivo tuvo un impacto relevante en los resultados obtenidos a los 28 días.

A los 28 días, los especímenes de concreto con una adición del 0.9% de Sikament 290N mostraron resistencias a la compresión que oscilaron entre 315.77 kg/cm² y 368.25 kg/cm², como se indica en la Tabla 31. Esto representa entre el 150.37% y el 175.36% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Tabla 31

Resultado de Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a la edad de 28 días del Tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N

Espécimen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-0.90-28D-1	1/04/2017	4/04/2017	28	260.8	330.60	157.43%
C-0.90-28D-2	1/04/2017	4/04/2017	28	265.9	337.07	160.51%
C-0.90-28D-3	1/04/2017	4/04/2017	28	254.4	322.49	153.57%
C-0.90-28D-4	1/04/2017	4/04/2017	28	253.7	321.60	153.14%
C-0.90-28D-5	1/04/2017	4/04/2017	28	262.7	333.01	158.58%
C-0.90-28D-6	1/04/2017	4/04/2017	28	286.9	363.69	173.19%
C-0.90-28D-7	1/04/2017	4/04/2017	28	249.1	315.77	150.37%
C-0.90-28D-8	1/04/2017	4/04/2017	28	246.5	312.48	148.80%
C-0.90-28D-9	1/04/2017	4/04/2017	28	273.8	347.08	165.28%
C-0.90-28D-10	1/04/2017	4/04/2017	28	290.5	368.25	175.36%
C-0.90-28D-11	1/04/2017	4/04/2017	28	262.9	333.27	158.70%
C-0.90-28D-12	1/04/2017	4/04/2017	28	254.2	322.24	153.45%
C-0.90-28D-13	1/04/2017	4/04/2017	28	271.9	344.67	164.13%
C-0.90-28D-14	1/04/2017	4/04/2017	28	270.3	342.65	163.17%
C-0.90-28D-15	1/04/2017	4/04/2017	28	282.8	358.49	170.71%

Al comparar con el tratamiento de 0.7% de Sikament 290N (ver Tabla 30), que tuvo un rango de resistencia entre 317.17 kg/cm² y 363.18 kg/cm² (151.03% a 172.94%), se observa que la adición de 0.9% proporcionó valores de resistencia a la compresión superiores en su parte alta, aunque no significativamente diferentes en el rango promedio. Para validar la significancia de estas diferencias, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) junto con la prueba de rango múltiple de Tukey, lo que permitió determinar si el aumento en la dosificación del aditivo afectó de manera estadísticamente relevante la resistencia del concreto a los 28 días.

A los 28 días, los especímenes de concreto con una adición del 1.1% de Sikament 290N presentaron resistencias a la compresión que variaron entre 283.07 kg/cm² y 352.15 kg/cm², lo que representa entre el 134.79% y el 167.69% de la resistencia objetivo de 210 kg/cm², como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32

Resultado Resistencias a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto de 4" x 8" a edad de 28 días del Tratamiento C-1.1% SIKAMENT 290N

Especímen	Fecha Elaboración	Fecha Rotura	Edad (días)	Fuerza Rotura (kN)	Esfuerzo	
					máximo a la compresión kg/cm ²	% de 210 kg/cm ²
C-1.10-28D-1	1/04/2017	29/04/2017	28	247.4	313.62	149.34%
C-1.10-28D-2	1/04/2017	29/04/2017	28	249.3	316.03	150.49%
C-1.10-28D-3	1/04/2017	29/04/2017	28	253.3	321.10	152.90%
C-1.10-28D-4	1/04/2017	29/04/2017	28	229.3	290.67	138.42%
C-1.10-28D-5	1/04/2017	29/04/2017	28	244.5	309.94	147.59%
C-1.10-28D-6	1/04/2017	29/04/2017	28	277.8	352.15	167.69%
C-1.10-28D-7	1/04/2017	29/04/2017	28	234.6	297.39	141.61%
C-1.10-28D-8	1/04/2017	29/04/2017	28	245.9	311.72	148.44%
C-1.10-28D-9	1/04/2017	29/04/2017	28	223.3	283.07	134.79%
C-1.10-28D-10	1/04/2017	29/04/2017	28	276.00	349.87	166.61%
C-1.10-28D-11	1/04/2017	29/04/2017	28	254.7	322.87	153.75%
C-1.10-28D-12	1/04/2017	29/04/2017	28	264.9	335.80	159.91%
C-1.10-28D-13	1/04/2017	29/04/2017	28	235.00	297.90	141.86%
C-1.10-28D-14	1/04/2017	29/04/2017	28	248.6	315.14	150.07%
C-1.10-28D-15	1/04/2017	29/04/2017	28	230.9	292.70	139.38%

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el tratamiento de 0.9% Sikament 290N (ver Tabla 31), que mostró un rango de resistencias entre 315.77 kg/cm² y 368.25 kg/cm², se puede observar que, aunque ambos tratamientos proporcionaron valores elevados de resistencia, el tratamiento con 0.9% parece tener una resistencia máxima ligeramente superior. Sin embargo, para determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de rango múltiple de Tukey, lo cual permitió verificar el impacto real de la dosificación del aditivo en el comportamiento a compresión del concreto a los 28 días.

5.2.8. Resultados de análisis estadístico de resistencia a compresión de los especímenes a los 28 días

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto del factor "tipo de concreto" en la resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos a la edad de 28 días. El factor "tipo de concreto" incluía seis niveles, correspondientes a los tratamientos de estudio: C-0.3% SIKAMENT 290N, C-0.5% SIKAMENT 290N, C-0.7% SIKAMENT 290N, C-0.9% SIKAMENT 290N, C-1.1% SIKAMENT 290N, y C-SIN SIKAMENT 290N (concreto sin aditivo).

El análisis consistió en calcular las medias de resistencia a compresión para cada grupo y comparar la varianza de estas medias entre los diferentes tratamientos. En total, se realizaron 15 comparaciones entre los tratamientos. La hipótesis nula asumía que todas las medias de resistencia a compresión eran iguales, mientras que la hipótesis alterna indicaba que al menos una de las medias era significativamente diferente. Se utilizó un intervalo de confianza del 95% para la toma de decisiones.

Tabla 33

Análisis de Varianza de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	5	36753	7350.6	32.12	0.000**
Error	84	19224	228.9		
Total	89	55977			

Nota: Nivel de significación estadística en el ANOVA ($0.05 > P > 0.05$); si ($P < 0.05$); no hay significancia estadística. GL (Grados de Libertad); SC (Suma de cuadrado); CM (Cuadrado Medio), F (F calculado), Valor P (valor de probabilidad).

Dado que el valor de **P** es menor a 0.05, se concluye que no todas las medias son iguales, y al menos un tratamiento difiere significativamente en términos de resistencia a compresión. Esto confirma que la dosificación de Sikament 290N influyó en la resistencia del concreto a los 28 días, con diferencias notables entre los tratamientos comparados.

Tabla 34

Medias de la resistencia a la compresión en Kg/cm² de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días según tratamiento.

Tratamiento	Media		
	N (kg/cm²)	Desv.Est.	IC de 95%
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	322.80	12.14 (315.04, 330.57)
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	350.77	13.32 (343.00, 358.54)
C-0.7% SIKAMENT 290N	15	335.47	14.81 (327.70, 343.24)
C-0.9% SIKAMENT 290N	15	336.89	17.18 (329.12, 344.66)
C-1.1% SIKAMENT 290N	15	314.00	20.47 (306.23, 321.77)
C-SIN SIKAMENT 290N	15	287.44	10.72 (279.68, 295.21)

Nota: Desv.Est. agrupada = 15.1282

N (Numero de repeticiones), Desv.Est. (Desviación Estándar), IC de 95% (Intervalos con una confianza del 95%)

A un nivel de confianza del 95%, se determinaron las medias y los intervalos de confianza para cada uno de los tratamientos, permitiendo inferir en qué rango se encuentra la media de cada grupo. El tratamiento con C-0.3% SIKAMENT 290N, por ejemplo, mostró una media de 322.80 kg/cm², con un intervalo de confianza

que oscila entre 315.04 y 330.57 kg/cm². Este análisis se replicó para cada tratamiento, revelando la precisión de las medias y su variabilidad.

El tratamiento que mostró la mayor resistencia promedio fue el C-0.5% SIKAMENT 290N, con 350.77 kg/cm², lo que indica un notable incremento en la resistencia en comparación con los otros tratamientos. Este valor se encuentra en un intervalo de 343.00 a 358.54 kg/cm², lo que refleja una menor dispersión en comparación con tratamientos como el C-1.1% SIKAMENT 290N, que, aunque presenta una media de 314.00 kg/cm², muestra una mayor desviación estándar, lo que implica una mayor variabilidad en los resultados.

Por otro lado, el tratamiento sin aditivo (C-SIN SIKAMENT 290N) presentó la menor resistencia, con una media de 287.44 kg/cm², lo que resalta la influencia del uso de Sikament en el incremento de la resistencia del concreto a los 28 días.

- 5.2.9. Resultado de comparaciones en parejas de Tukey de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días según tratamiento.

El método de comparación elegido es el de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos. Los resultados se presentan en las siguientes tablas y Figuras:

Tabla 35

Agrupación de tratamientos según resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media (kg/cm ²)	Agrupación			
C-0.5% SIKAMENT 290N	15	350.77	A			
C-0.9% SIKAMENT 290N	15	336.89	A	B		
C-0.7% SIKAMENT 290N	15	335.47	A	B		
C-0.3% SIKAMENT 290N	15	322.80		B	C	
C-1.1% SIKAMENT 290N	15	314.00			C	
C-SIN SIKAMENT 290N	15	287.44				D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis de Tukey a los 28 días muestra diferencias significativas entre los tratamientos de concreto con diferentes porcentajes de Sikament 290N. A continuación, se analiza cada tratamiento en función de su media y agrupación:

1. Tratamiento C-0.5% Sikament 290N: Con una media de 350.77 kg/cm², este tratamiento pertenece a la agrupación A, lo que indica que tiene la mayor resistencia a compresión y es significativamente superior a los otros tratamientos. Esto sugiere que, a los 28 días, una dosis de 0.5% de Sikament 290N es óptima para maximizar la resistencia a compresión.
2. Tratamiento C-0.9% Sikament 290N: Con una media de 336.89 kg/cm², este tratamiento se encuentra en las agrupaciones A y B, lo que significa que su resistencia es comparable a la del tratamiento con 0.5%, aunque ligeramente inferior. No obstante, sigue estando entre los tratamientos más eficientes, sin diferencias significativas con el tratamiento C-0.5% en términos estadísticos.
3. Tratamiento C-0.7% Sikament 290N: Presentando una media de 335.47 kg/cm², este tratamiento también se ubica en las agrupaciones A y B, lo que indica que su resistencia es comparable tanto a la del tratamiento con 0.9% como a la del 0.5%. Esto sugiere que, aunque el aumento en la dosis de Sikament de 0.7% a 0.9% no genere una mejora significativa, sigue siendo un tratamiento eficaz en esta etapa.
4. Tratamiento C-0.3% Sikament 290N: Con una media de 322.80 kg/cm², este tratamiento pertenece a las agrupaciones B y C, lo que indica que su resistencia es inferior a la de los tratamientos con mayores dosis de aditivo (0.5%, 0.7% y 0.9%), pero sigue siendo significativamente mejor que el concreto sin aditivo. Esto demuestra que una dosis baja de Sikament incrementa la resistencia a los 28 días, aunque no tanto como las dosis más altas.
5. Tratamiento C-1.1% Sikament 290N: Con una media de 314.00 kg/cm², este tratamiento se agrupa en la categoría C, lo que indica que su resistencia es significativamente inferior a la de los tratamientos con 0.5%, 0.7% y 0.9%. A pesar de tener la mayor dosis de aditivo, no presenta una mejora significativa en la resistencia respecto a las dosis más bajas, lo que sugiere que una mayor cantidad de Sikament no garantiza mejores resultados.

6. Tratamiento C-SIN Sikament 290N: Con una media de 287.44 kg/cm², este tratamiento pertenece a la agrupación D, la más baja de todas, lo que indica que el concreto sin aditivo presenta la menor resistencia a compresión a los 28 días. Este resultado refuerza la importancia de la adición de Sikament para mejorar la resistencia a largo plazo del concreto.

El análisis de Tukey realizado a los 28 días revela diferencias significativas entre los tratamientos de concreto con distintas dosis de Sikament 290N. El tratamiento con C-0.5% Sikament 290N presentó la mayor resistencia a compresión, alcanzando los 350.77 kg/cm², lo que lo posiciona como el tratamiento más eficiente, ya que pertenece a la agrupación A, indicando una diferencia estadísticamente significativa con respecto a los demás tratamientos. Este resultado sugiere que, a los 28 días, una dosis de 0.5% de Sikament 290N es la óptima para maximizar la resistencia del concreto.

Los tratamientos con C-0.9% y C-0.7% Sikament 290N mostraron resistencias comparables, ubicándose en las agrupaciones A y B, con medias de 336.89 kg/cm² y 335.47 kg/cm², respectivamente. A pesar de su menor resistencia en comparación con el tratamiento de 0.5%, estas dosis siguen siendo eficaces, sin diferencias significativas entre ellas. Esto sugiere que el aumento en la dosis de Sikament por encima del 0.7% no mejora notablemente la resistencia a compresión a largo plazo.

El tratamiento con C-0.3% Sikament 290N, con una media de 322.80 kg/cm², pertenece a las agrupaciones B y C, lo que indica que, aunque su resistencia es menor que las dosis más altas, sigue siendo significativamente superior al concreto sin aditivo. Este resultado demuestra que incluso una dosis baja de Sikament tiene un impacto positivo en la resistencia a compresión a los 28 días, aunque no al nivel de las dosis mayores.

Por otro lado, el tratamiento con la mayor dosis, C-1.1% Sikament 290N, con una media de 314.00 kg/cm², se encuentra en la agrupación C, mostrando una resistencia significativamente inferior a las dosis de 0.5%, 0.7% y 0.9%. Esto sugiere que incrementar la dosis a 1.1% no resulta en una mejora adicional, sino que, al contrario, puede generar una disminución de la resistencia.

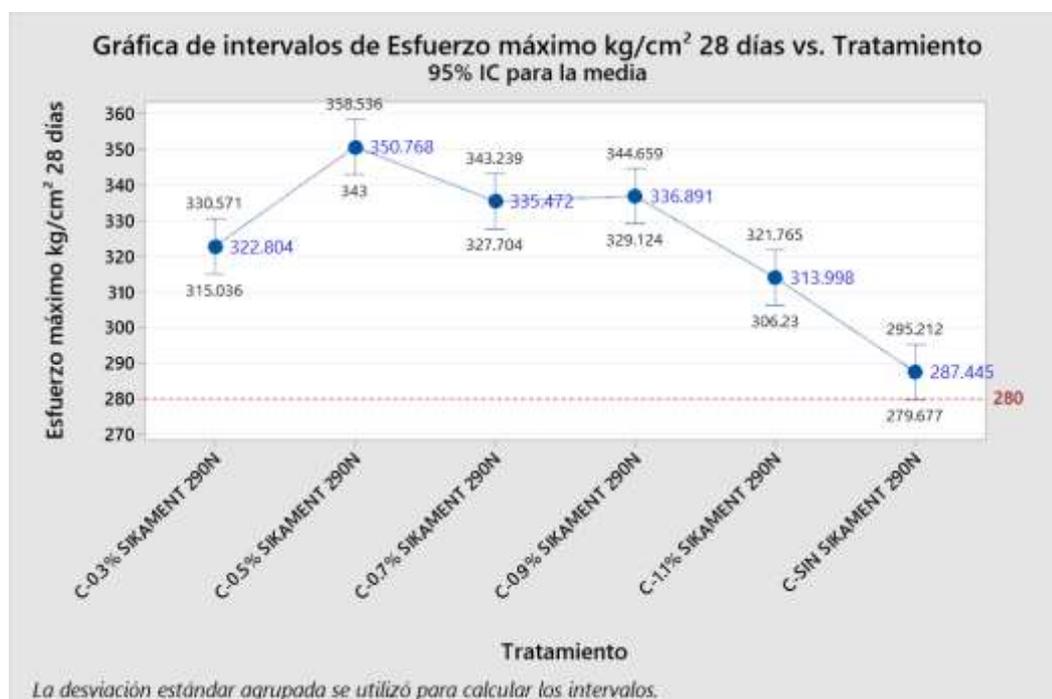
Finalmente, el concreto sin aditivo, C-SIN Sikament 290N, presentó la menor resistencia, con 287.44 kg/cm², ubicándose en la agrupación D. Este resultado refuerza la efectividad de la adición de Sikament para mejorar la resistencia del

concreto a largo plazo, ya que el uso de aditivos mejora considerablemente la durabilidad y rendimiento del material frente al concreto sin tratamiento.

En conclusión, el análisis estadístico a los 28 días muestra que el tratamiento con C-0.5% Sikament 290N es el más eficiente para mejorar la resistencia a compresión del concreto, alcanzando 350.77 kg/cm² y destacándose significativamente sobre los demás tratamientos. Las dosis de 0.7% y 0.9% también mostraron resultados favorables, con resistencias comparables a la dosis de 0.5%, pero sin mejoras significativas. Aunque el tratamiento con C-0.3% Sikament 290N logró incrementar la resistencia en comparación con el concreto sin aditivo, sigue siendo inferior a las dosis más altas. Finalmente, el tratamiento con C-1.1% Sikament 290N no proporcionó beneficios adicionales, mientras que el concreto sin aditivo (C-SIN Sikament 290N) presentó la menor resistencia, reafirmando la importancia de la adición de Sikament para optimizar la resistencia del concreto a largo plazo.

Figura 13.

Gráfica de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 28 días según tratamiento de estudio con medias

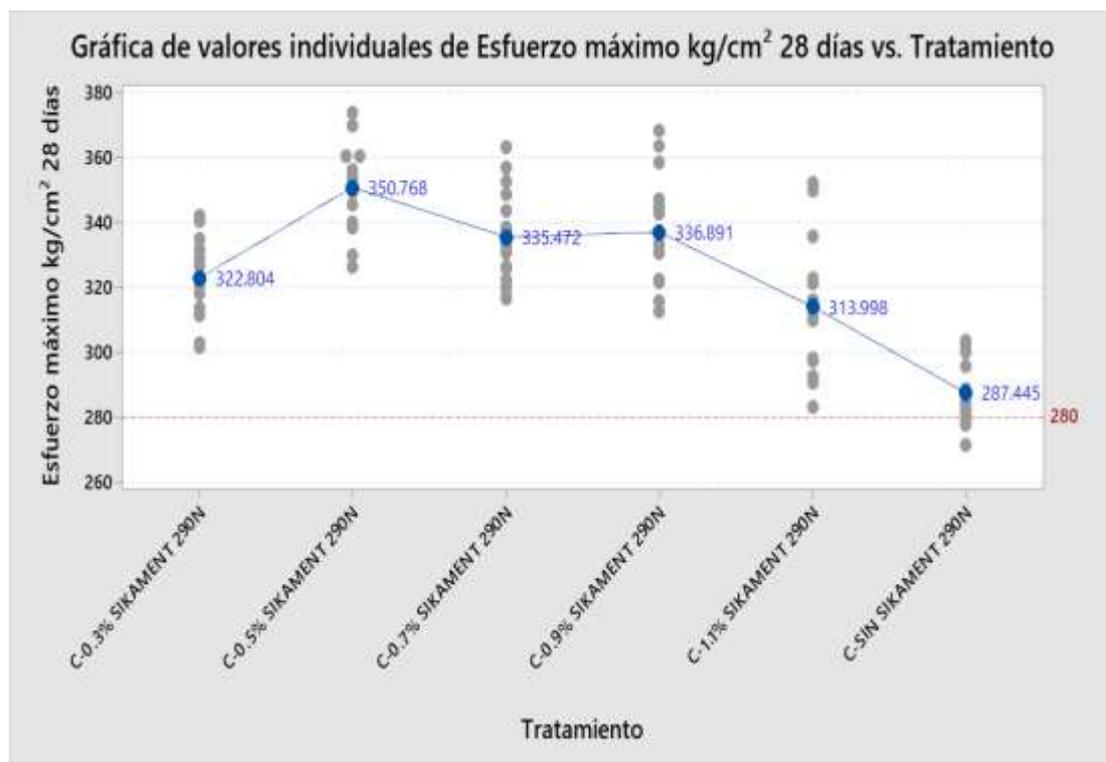


La gráfica de intervalos muestra el intervalo de confianza para cada tratamiento y el valor de la media de resistencia a la compresión. Para el tratamiento C-0.3% SIKAMENT 290N, se observó una media de 322.80 kg/cm². De manera similar,

cada tratamiento presenta su respectiva media con un intervalo de confianza del 95%, lo que permite inferir el rango dentro del cual se espera que varíe la resistencia promedio de cada grupo.

Figura 14.

Gráfica de intervalos con un índice de confianza de 95% de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 28 días según tratamiento de estudio con medias

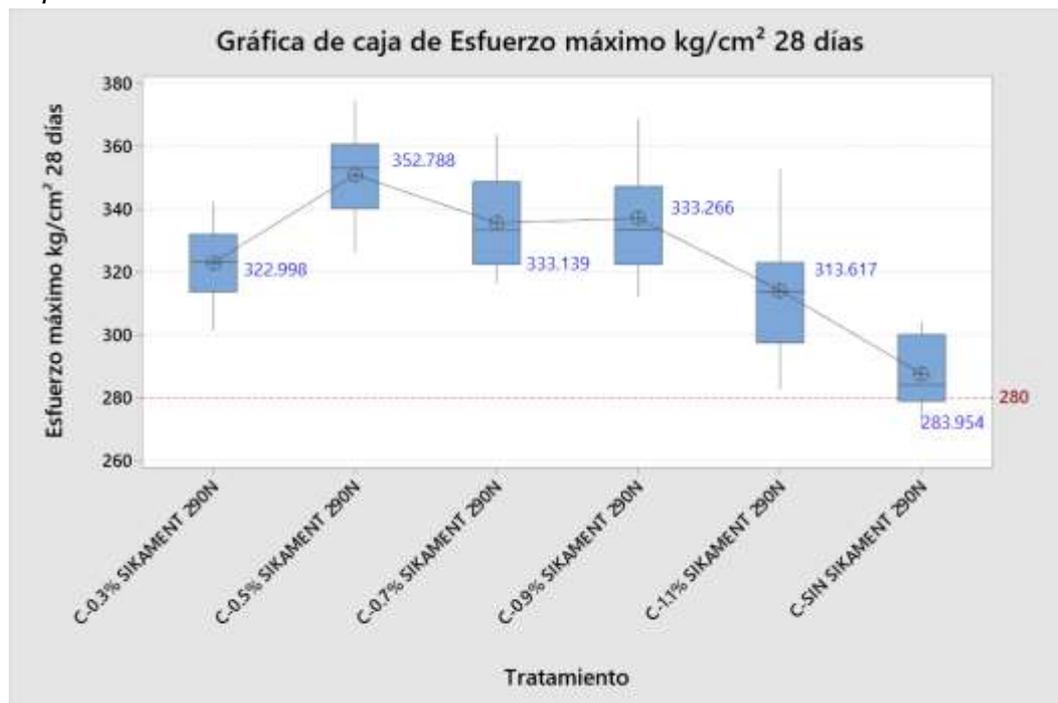


En la gráfica de la figura 15 de valores individuales de esfuerzo máximo de compresión a los 28 días, se observa una dispersión variable en los resultados para cada tratamiento, lo que refleja la variabilidad de las mediciones. El tratamiento C-SIN Sikament 290N (sin aditivo) presenta la menor dispersión, lo que indica una mayor consistencia en sus resultados, aunque con una media significativamente más baja en comparación con los tratamientos con aditivo. Los tratamientos con C-0.5% y C-0.9% Sikament 290N muestran una dispersión más controlada en torno a la media, lo que sugiere una buena estabilidad en los resultados de resistencia a compresión. Por otro lado, el tratamiento con C-1.1% Sikament 290N muestra una mayor dispersión, lo que podría indicar una mayor variabilidad en los valores de resistencia alcanzados. En conjunto, la gráfica

sugiere que el uso de Sikament 290N mejora la resistencia del concreto, aunque algunos tratamientos con mayor dosificación, como el C-1.1%, presentan mayor variabilidad en los resultados.

Figura 15.

Gráfica de cajas de rango Inter cuartil de esfuerzo máximo de compresión en Kg/cm² a los 28 días según tratamiento de estudio con medias y valores atípicos.



Esta gráfica boxplot de la figura 16 muestra la dispersión y la media de los valores de esfuerzo máximo de compresión para cada tratamiento. A partir de la gráfica, se puede observar que el tratamiento con C-0.5% SIKAMENT 290N presenta la mayor resistencia promedio (352.79 kg/cm²), con una dispersión moderada. Esto sugiere que este tratamiento tiene el mejor desempeño en términos de resistencia a los 28 días.

El tratamiento C-SIN SIKAMENT 290N (sin aditivo) tiene la resistencia más baja (283.95 kg/cm²), pero lo que resulta notable es que presenta la menor dispersión, indicando que los resultados son más consistentes, aunque con un rendimiento general inferior al concreto con aditivos.

Si comparamos el tratamiento con C-0.7% SIKAMENT 290N (333.47 kg/cm²) con el de C-0.3% SIKAMENT 290N (322.80 kg/cm²), se observa que, aunque el primero tiene una mayor resistencia promedio, también muestra una dispersión mayor, lo que indica una mayor variabilidad en los resultados. El tratamiento con C-0.3% SIKAMENT 290N tiene una dispersión menor, lo que sugiere que es más consistente a pesar de no alcanzar las resistencias más altas.

En conclusión, la gráfica evidencia que, a los 28 días, el tratamiento con C-0.5% SIKAMENT 290N es el más eficiente en términos de resistencia, mientras que el tratamiento sin aditivo muestra la mayor consistencia en los resultados, aunque con un rendimiento significativamente menor.

5.2.10. Análisis de desarrollo de resistencia a la compresión entre los 3, 7 y 28 días según tratamiento.

El análisis comparativo de la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto aditivados con Sikament 290N y el concreto sin aditivo, evaluado a los 3, 7 y 28 días, proporciona una visión clara sobre el efecto de diferentes dosificaciones del aditivo en el desarrollo de la resistencia. Cada tratamiento fue analizado en función de su rendimiento comparado con el tratamiento patrón sin aditivo, tomando en cuenta los porcentajes de incremento en resistencia en cada intervalo de tiempo. Esto permite observar no solo la efectividad de los tratamientos, sino también cómo varía la eficiencia de cada uno en el corto, mediano y largo plazo.

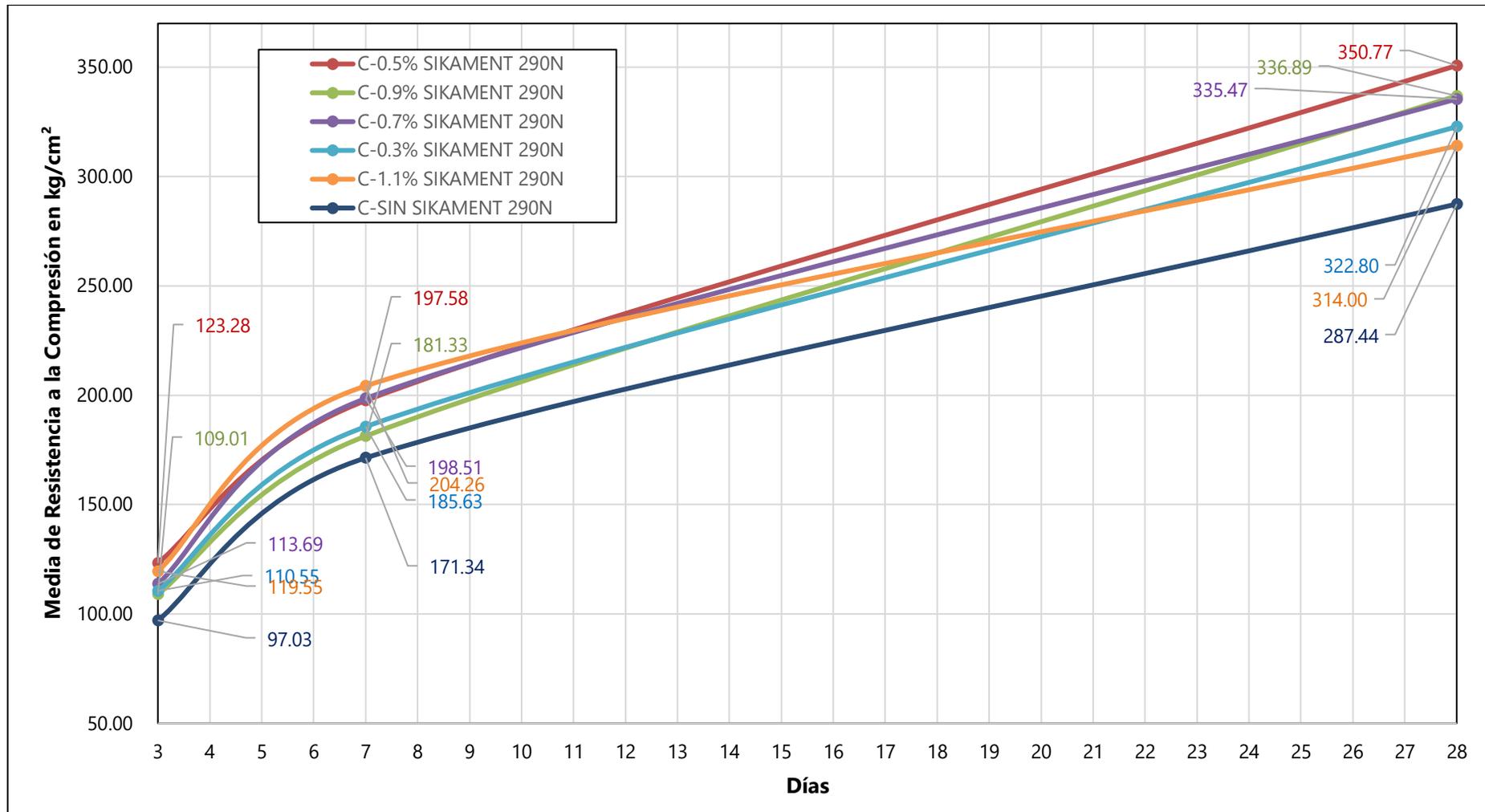
Tabla 36

Evolución de la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto en distintas edades (3, 7 y 28 días) según el tratamiento de Sikament 290N

Tratamiento	Resistencia a los 3 días (kg/cm²)	Agrupación (3 días)	% resistencia a los 3 días de respecto a tratamiento patrón (97.03 Kg/cm²)	Resistencia a los 7 días (kg/cm²)	Agrupación (7 días)	% resistencia a los 7 días respecto a tratamiento patrón (171.34 Kg/cm²)	Resistencia a los 28 días (kg/cm²)	Agrupación (28 días)	% resistencia a los 28 días respecto al tratamiento patrón (287.44 Kg/cm²)
C-0.5% SIKAMENT 290N	123.28	A	127%	197.58	A	115%	350.77	A	122%
C-0.9% SIKAMENT 290N	109.01	C	112%	181.33	B	106%	336.89	A B	117%
C-0.7% SIKAMENT 290N	113.69	B C	117%	198.51	A	116%	335.47	A B	117%
C-0.3% SIKAMENT 290N	110.55	C	114%	185.63	B	108%	322.80	B C	112%
C-1.1% SIKAMENT 290N	119.55	A B	123%	204.26	A	119%	314.00	C	109%
C-SIN SIKAMENT 290N	97.03	D	100%	171.34	C	100%	287.44	D	100%

Figura 16.

Gráfica de desarrollo de resistencia a la compresión entre los 3, 7 y 28 días según tratamiento de estudio.



Análisis del desarrollo de resistencia:

El tratamiento C-0.5% Sikament 290N mostró el mejor desempeño en todas las edades. A los 3 días, su resistencia fue de 123.28 kg/cm², lo que representó un incremento del 27% en comparación con el concreto sin aditivo, ubicándose en la agrupación A. A los 7 días, la resistencia alcanzó 197.58 kg/cm², manteniendo una diferencia del 15% respecto al tratamiento patrón y consolidándose nuevamente en la agrupación A. Finalmente, a los 28 días, este tratamiento presentó la mayor resistencia con 350.77 kg/cm², un 22% superior al concreto sin aditivo, lo que demuestra su consistencia y eficacia a lo largo del tiempo.

En el caso del tratamiento C-0.9% Sikament 290N, su resistencia a los 3 días fue de 109.01 kg/cm², un 12% mayor que el concreto sin aditivo, situándose en la agrupación C. A los 7 días, el incremento fue moderado, con 181.33 kg/cm², lo que representa un 6% adicional en comparación con el concreto sin aditivo, perteneciendo a la agrupación B. A los 28 días, alcanzó 336.89 kg/cm², un 17% mayor, ubicándose entre las agrupaciones A/B. Este tratamiento presentó un buen desempeño en el largo plazo, aunque con un crecimiento más moderado que otras dosificaciones intermedias.

El tratamiento C-0.7% Sikament 290N también mostró un desarrollo positivo en todas las edades. A los 3 días, su resistencia fue de 113.69 kg/cm², un 17% superior, en la agrupación B/C. A los 7 días, alcanzó 198.51 kg/cm², un 16% mayor, situándose en la agrupación A. A los 28 días, su resistencia llegó a 335.47 kg/cm², un 17% superior al tratamiento sin aditivo, lo que lo posiciona dentro de las agrupaciones A/B, confirmando que es un tratamiento eficiente en todas las etapas de desarrollo de la resistencia.

El tratamiento C-0.3% Sikament 290N tuvo un desempeño consistente pero con menor efectividad en comparación con dosis mayores de Sikament. A los 3 días, su resistencia fue de 110.55 kg/cm², un 14% mayor que el concreto sin aditivo, en la agrupación C. A los 7 días, alcanzó 185.63 kg/cm², con un incremento del 8% respecto al patrón, manteniéndose en la agrupación B. A los 28 días, su resistencia llegó a 322.80 kg/cm², un 12% mayor que el concreto sin aditivo, ubicándose en las agrupaciones B/C, demostrando que aunque su incremento es menos significativo, sigue siendo una opción viable.

El tratamiento C-1.1% Sikament 290N, a pesar de tener una dosificación mayor, mostró un comportamiento mixto. A los 3 días, su resistencia fue de 119.55

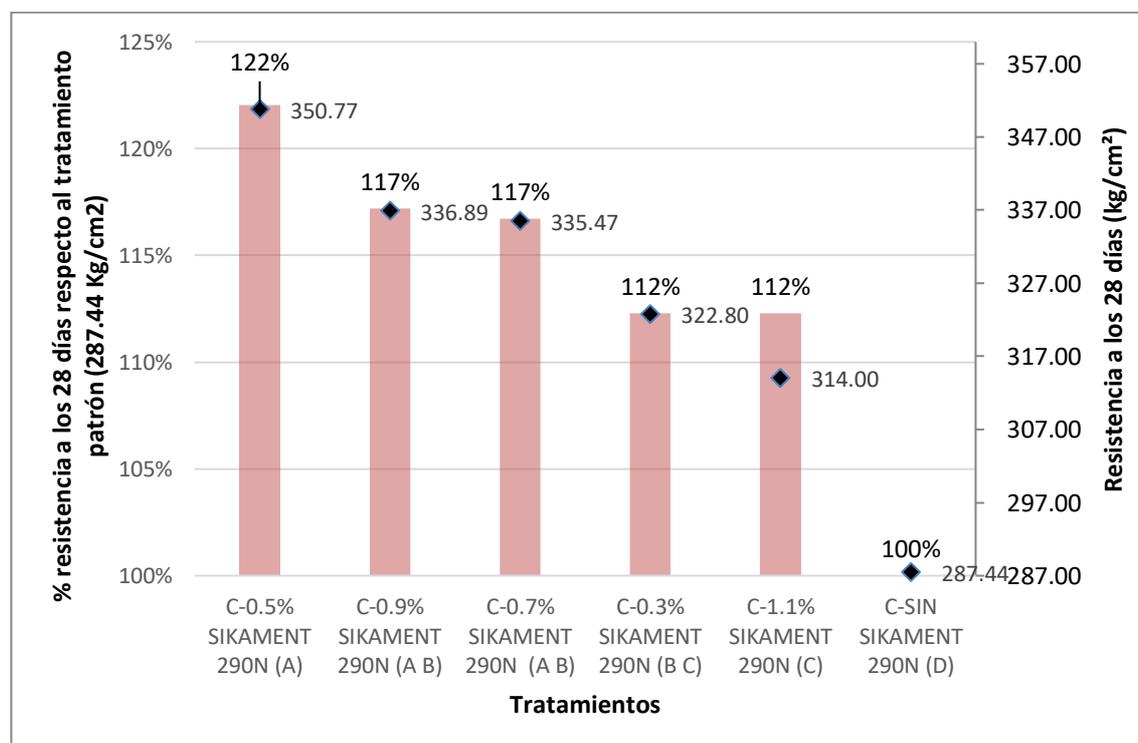
kg/cm², un 23% superior al concreto sin aditivo, posicionándose en la agrupación A/B. A los 7 días, alcanzó 204.26 kg/cm², con un 19% adicional en comparación con el tratamiento sin aditivo, ubicándose en la agrupación A. Sin embargo, a los 28 días, su resistencia disminuyó a 314.00 kg/cm², solo un 9% superior al patrón, quedando en la agrupación C. Esto sugiere que una mayor dosificación no siempre garantiza mejores resultados a largo plazo.

Finalmente, el tratamiento sin aditivo (C-SIN Sikament 290N) presentó el menor desempeño en todas las etapas. A los 3 días, su resistencia fue de 97.03 kg/cm², sirviendo como el tratamiento de referencia. A los 7 días, alcanzó 171.34 kg/cm², y a los 28 días, llegó a 287.44 kg/cm², lo que lo ubicó consistentemente en la agrupación más baja, demostrando que la falta de aditivo resulta en una menor resistencia a la compresión en todos los intervalos de tiempo.

los tratamientos con adiciones de Sikament 290N presentaron mejoras significativas en comparación con el concreto sin aditivo. El tratamiento más efectivo fue el de 0.5%, que mostró el mejor desarrollo de resistencia desde los 3 días hasta los 28 días, seguido de cerca por los tratamientos de 0.7% y 0.9%, que también presentaron mejoras notables a lo largo del tiempo.

Figura 17

Resistencia a los 28 días respecto al tratamiento patrón (287.44 Kg/cm²)



El Gráfico 18 muestra el comportamiento de la resistencia a compresión de los especímenes cilíndricos de concreto a los 28 días, tomando como base el porcentaje de resistencia alcanzada en comparación con el tratamiento patrón (concreto sin aditivo, C-SIN SIKAMENT 290N, 287.44 kg/cm²). El análisis revela que los tratamientos con adiciones de Sikament 290N presentan variaciones significativas en la resistencia a compresión, dependiendo de la dosis utilizada.

El tratamiento C-0.5% Sikament 290N es el que mejor desempeño mostró, con un 122% de resistencia en comparación con el tratamiento patrón, alcanzando una resistencia de 350.77 kg/cm². Este tratamiento pertenece a la agrupación "A", lo que indica que es estadísticamente superior en términos de resistencia a compresión, presentando el valor más alto entre todos los tratamientos.

Los tratamientos con adiciones de C-0.9% y C-0.7% Sikament 290N, que pertenecen a la agrupación A B, lograron resistencias muy similares, con 336.89 kg/cm² y 335.47 kg/cm² respectivamente, lo que representa el 117% en comparación con el concreto sin aditivo. Aunque ambos tratamientos no alcanzaron la resistencia máxima del tratamiento con 0.5% de aditivo, sus valores indican que son opciones eficientes para mejorar la resistencia del concreto.

Por su parte, el tratamiento con C-0.3% Sikament 290N, que pertenece a la agrupación B C, alcanzó una resistencia de 322.80 kg/cm², lo que equivale al 112% respecto al tratamiento patrón. Este resultado muestra que, aunque la dosis de aditivo es baja, sigue siendo significativamente mejor que el concreto sin aditivo.

Finalmente, el tratamiento con C-1.1% Sikament 290N, que fuera de lo esperado se encuentra en la agrupación C, obtuvo una resistencia de 314.00 kg/cm², correspondiente al 109% respecto al tratamiento patrón. A pesar de utilizar la mayor dosis de Sikament 290N, este tratamiento mostró una resistencia inferior a la de otras dosificaciones más bajas, lo que sugiere que una mayor cantidad de aditivo no siempre garantiza una mejor resistencia.

La dosificación óptima para mejorar la resistencia a compresión del concreto a los 28 días es el C-0.5% Sikament 290N, mientras que otras dosis, aunque también efectivas, no superan el rendimiento de esta mezcla.

5.3. Resultados de Ensayos de tiempo de Fragua.

Los ensayos de tiempo de fragua se realizaron para determinar el comportamiento de los diferentes tratamientos de concreto con Sikament 290N en cuanto al tiempo que tardan en alcanzar tanto la fragua inicial como la fragua final. El tiempo de fragua es una propiedad crucial del concreto, ya que determina el intervalo de tiempo disponible para su manipulación y acabado antes de que comience a endurecerse. En este análisis, se incluyeron seis tratamientos: cinco con diferentes dosis de Sikament 290N y un tratamiento de control sin aditivo.

La Tabla 37 presenta los tiempos de fragua inicial y final de los distintos tratamientos. Los resultados revelan que la adición de Sikament 290N tiene un impacto significativo en el retraso del tiempo de fragua en comparación con el concreto sin aditivo. A continuación, se realiza un análisis detallado de los resultados.

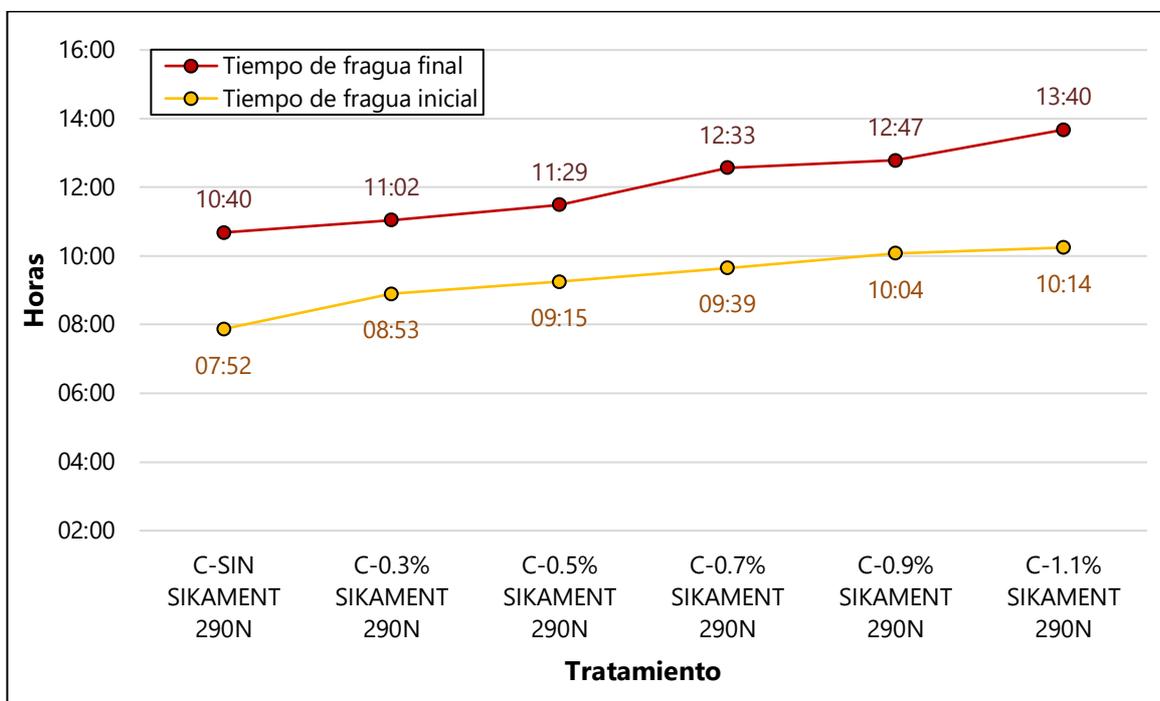
Tabla 37

Resultado de ensayo de tiempo de fragua inicial y final de los tratamientos de concreto de estudio.

Tratamiento	Tiempo de fragua inicial		Tiempo de fragua final	
	Minutos	Horas	Minutos	Horas
C-SIN SIKAMENT 290N	472.29	07:52	640.98	10:40
C-0.3% SIKAMENT 290N	533.73	08:53	662.88	11:02
C-0.5% SIKAMENT 290N	555.23	09:15	689.38	11:29
C-0.7% SIKAMENT 290N	579.23	09:39	753.98	12:33
C-0.9% SIKAMENT 290N	604.66	10:04	767.12	12:47
C-1.1% SIKAMENT 290N	614.61	10:14	820.49	13:40

Figura 18.

Gráfica de resultado de ensayo de tiempo de fragua inicial y final de los tratamientos de concreto de estudio.



Tratamiento sin Sikament (C-SIN SIKAMENT 290N): El tratamiento de control presentó los tiempos de fragua más cortos, con una fragua inicial de 472.29 minutos (7 horas y 52 minutos) y una fragua final de 640.98 minutos (10 horas y 40 minutos). Esto indica que el concreto sin aditivo tiene una reacción más rápida en comparación con los tratamientos con Sikament, lo que puede limitar el tiempo disponible para su manipulación.

Tratamiento con 0.5% de Sikament 290N: Este tratamiento presentó un aumento moderado en los tiempos de fragua, con una fragua inicial de 533.73 minutos (8 horas y 53 minutos) y una fragua final de 662.88 minutos (11 horas y 2 minutos). Esto sugiere que una pequeña dosis de Sikament ya tiene un efecto de retardación notable en comparación con el concreto sin aditivo.

Tratamiento con 1.1% de Sikament 290N: A medida que aumenta la dosis de Sikament, se observa un incremento mayor en los tiempos de fragua. En este caso, el tiempo de fragua inicial fue de 555.23 minutos (9 horas y 15 minutos) y el tiempo de fragua final fue de 689.38 minutos (11 horas y 29 minutos). Esto muestra una tendencia clara hacia el retraso en el proceso de fragua con el aumento de la dosis de aditivo.

Tratamiento con 0.7% de Sikament 290N: Este tratamiento presentó un tiempo de fragua inicial de 579.23 minutos (9 horas y 39 minutos) y un tiempo de fragua final de 753.98 minutos (12 horas y 33 minutos), lo que refleja un mayor retraso en el proceso de fraguado comparado con los tratamientos anteriores. El aumento de Sikament sigue alargando el tiempo disponible para trabajar con el concreto.

Tratamiento con 0.3% de Sikament 290N: Este tratamiento tuvo uno de los mayores tiempos de fragua inicial, con 604.66 minutos (10 horas y 4 minutos), y una fragua final de 767.12 minutos (12 horas y 47 minutos). Aunque la dosis de Sikament es menor que la de otros tratamientos, los resultados sugieren que el comportamiento del concreto no sigue una relación lineal estricta con la cantidad de aditivo, pudiendo depender de otros factores como la mezcla y la temperatura.

Tratamiento con 0.9% de Sikament 290N: Este tratamiento presentó los tiempos de fragua más prolongados, con una fragua inicial de 614.61 minutos (10 horas y 14 minutos) y una fragua final de 820.49 minutos (13 horas y 40 minutos). Esto indica que el concreto con 0.9% de Sikament 290N tarda más en endurecerse completamente, proporcionando un tiempo extendido para su colocación y acabado.

Los resultados indican que la adición de Sikament 290N, en todas sus dosis, retrasa significativamente el tiempo de fraguado del concreto en comparación con el concreto sin aditivo. A medida que se incrementa la dosis de Sikament, el tiempo de fragua tiende a prolongarse, lo que proporciona una mayor flexibilidad en el manejo del concreto durante su colocación y acabado.

Tabla 38

Variación del tiempo de fragua inicial y final de los tratamientos de concreto con respecto al tratamiento sin aditivo

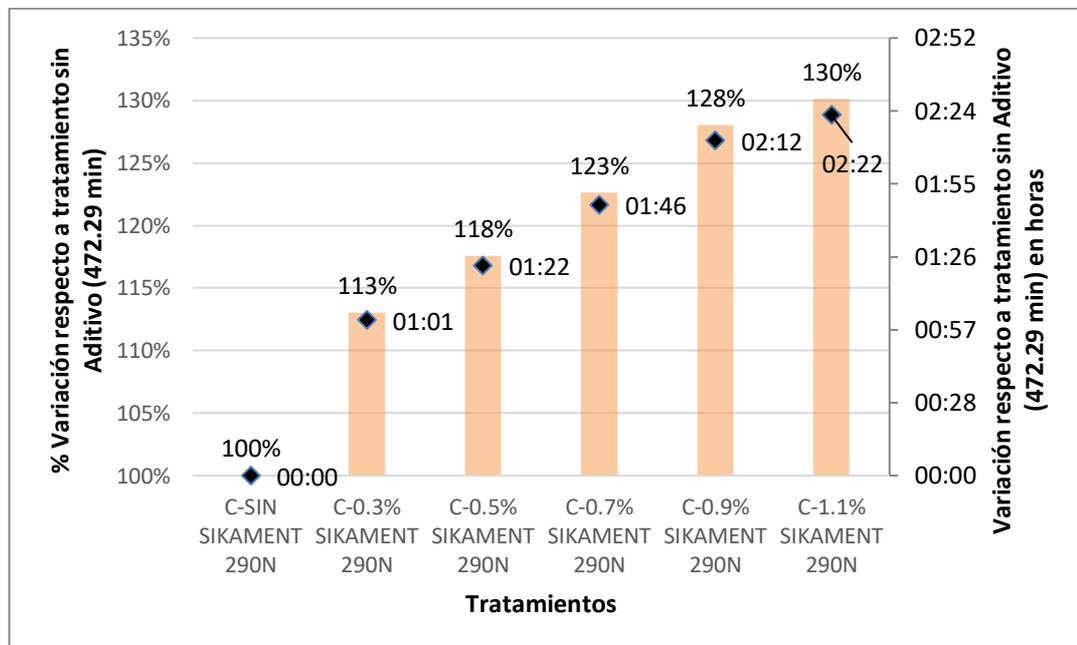
Tratamiento	Tiempo de fragua inicial				Tiempo de fragua final			
	Minutos	Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (472.29 min) en minutos	Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (472.29 min) en horas	% Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (472.29 min)	Minutos	Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (640.98 min) en minutos	Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (640.98 min) en horas	% Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (640.98 min)
C-SIN SIKAMENT 290N	472.29	0	00:00	100%	640.98	0	00:00	100%
C-0.3% SIKAMENT 290N	533.73	61.44	01:01	113%	662.88	21.9	00:21	103%
C-0.5% SIKAMENT 290N	555.23	82.94	01:22	118%	689.38	48.4	00:48	108%
C-0.7% SIKAMENT 290N	579.23	106.94	01:46	123%	753.98	113	01:53	118%
C-0.9% SIKAMENT 290N	604.66	132.37	02:12	128%	767.12	126.14	02:06	120%
C-1.1% SIKAMENT 290N	614.61	142.32	02:22	130%	820.49	179.51	02:59	128%

Tiempo de fragua inicial

El tratamiento sin aditivo tiene el menor tiempo de fragua inicial (472.29 minutos o 7 horas y 52 minutos). Al incorporar Sikament, los tiempos de fragua inicial aumentan progresivamente, con el tratamiento C-0.9% SIKAMENT 290N mostrando el mayor retraso (130% del tiempo base o 02:22 horas más tarde). Esto refleja que la adición de aditivo retarda la hidratación inicial del cemento, lo cual es beneficioso cuando se necesita más tiempo para trabajar el concreto, especialmente en climas cálidos o en proyectos de grandes superficies.

Figura 19.

Gráfica de variación de tiempo de fragua inicial respecto al tratamiento sin aditivo.



La Figura 19 muestra la variación en el tiempo de fragua inicial para los diferentes tratamientos con Sikament 290N en comparación con el concreto sin aditivo. El tratamiento sin aditivo tiene un tiempo de fragua inicial de 472.29 minutos (7 horas y 52 minutos), que se toma como base (100%) para las comparaciones.

C-0.5% SIKAMENT 290N: Este tratamiento presenta un aumento del 13% en el tiempo de fragua inicial respecto al tratamiento sin aditivo, lo que equivale a 01:01 horas adicionales. Este incremento moderado sugiere que la adición del 0.5% de Sikament retarda ligeramente el fraguado, lo que puede ser beneficioso en condiciones donde se requiere un tiempo mayor para trabajar con el concreto.

C-1.1% SIKAMENT 290N: Con una variación del 18%, este tratamiento retrasa el tiempo de fragua en 01:22 horas. El incremento es mayor que el tratamiento con 0.5%, lo que indica que una dosis mayor de Sikament provoca un retardo más significativo en el fraguado inicial.

C-0.7% SIKAMENT 290N: Se observa un aumento del 23% en el tiempo de fragua, con un retardo de 01:46 horas. Este tratamiento tiene un retardo notable, lo cual puede ser útil en proyectos donde se necesita un mayor tiempo para la colocación y acabado del concreto.

C-0.3% SIKAMENT 290N: Este tratamiento retrasa el tiempo de fragua inicial en 02:12 horas, lo que representa un 28% más que el concreto sin aditivo. A pesar de la menor cantidad de aditivo, este tratamiento muestra un retardo considerable, sugiriendo que incluso dosis bajas de Sikament tienen un impacto notable en la hidratación del concreto.

C-0.9% SIKAMENT 290N: Con un retardo del 30%, este tratamiento extiende el tiempo de fragua inicial en 02:22 horas. Es el tratamiento con el mayor incremento, lo que lo hace ideal en situaciones donde se requiere mucho más tiempo para trabajar el concreto antes de que comience a fraguar.

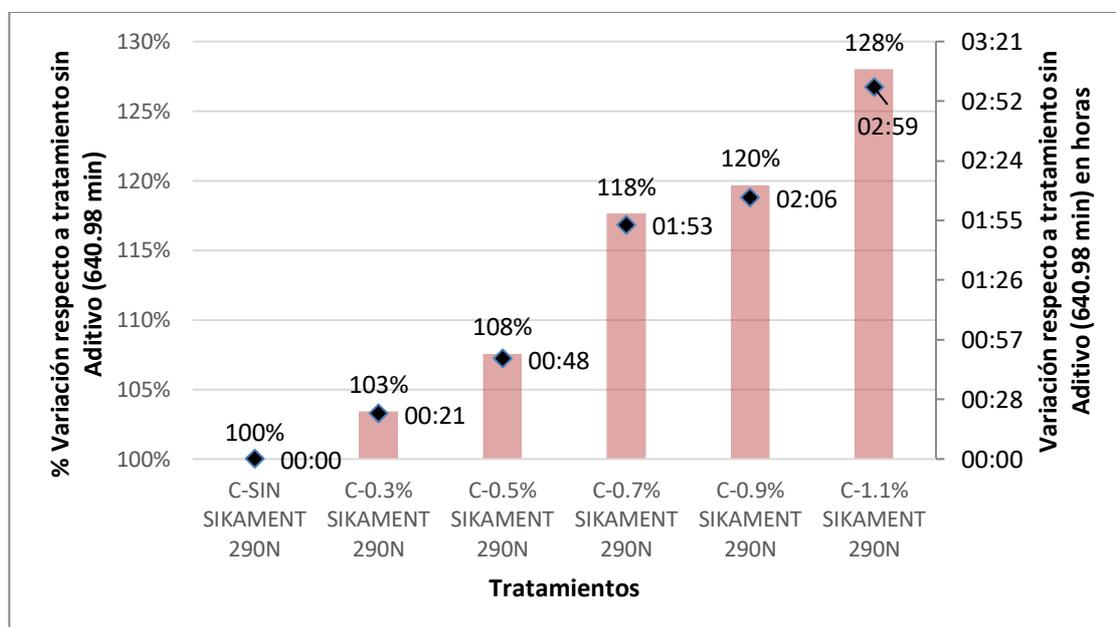
El análisis muestra que el uso de Sikament 290N en diversas proporciones genera un retardo progresivo en el tiempo de fragua inicial. Este retardo puede ser beneficioso en obras de concreto expuestas a climas cálidos o en estructuras de grandes volúmenes, donde es esencial evitar un fraguado rápido que pueda generar problemas de colocación y acabado. Los tratamientos con porcentajes de 0.9%, 0.3%, y 0.7% proporcionan los mayores retardos, permitiendo una mayor ventana de tiempo para trabajar el concreto de manera eficiente.

Tiempo de fragua final

El comportamiento es similar en el tiempo de fragua final. El tratamiento sin aditivo muestra el tiempo más corto (640.98 minutos o 10 horas y 40 minutos), mientras que el tratamiento con 0.9% de Sikament presenta el mayor retraso (128% del tiempo base o 02:59 horas más tarde). Esto implica que el concreto con mayores dosis de Sikament tarda más en endurecer completamente, lo que puede ser útil para evitar problemas de fisuración por fraguado rápido.

Figura 20.

Gráfica de variación de tiempo de fragua final respecto al tratamiento sin aditivo.



La Figura 20 muestra cómo varía el tiempo de fragua final de diferentes tratamientos con Sikament 290N en comparación con el concreto sin aditivo, cuyo tiempo de fragua final es de 640.98 minutos (10 horas y 40 minutos), utilizado como el patrón de referencia al 100%. Los resultados destacan los efectos de las distintas dosificaciones de Sikament en prolongar el tiempo de fragua final, que es crucial para determinar el comportamiento del concreto durante su endurecimiento.

C-0.5% SIKAMENT 290N: Presenta una variación del 3% en el tiempo de fragua final, equivalente a un retraso de 00:21 horas en comparación con el concreto sin aditivo. Esta ligera demora indica que una dosificación del 0.5% de Sikament aumenta marginalmente el tiempo de fraguado final, manteniendo un equilibrio adecuado entre trabajabilidad y tiempos de endurecimiento.

C-1.1% SIKAMENT 290N: Aumenta el tiempo de fragua final en un 8%, lo que se traduce en 00:48 horas adicionales. Aunque el incremento no es tan pronunciado como en otros tratamientos, este retraso puede ser beneficioso para condiciones que requieren un fraguado más controlado.

C-0.7% SIKAMENT 290N: Con un 18% de variación, este tratamiento extiende el tiempo de fragua en 01:53 horas. El retardo es notable y puede ser ideal en proyectos de gran envergadura, donde se necesite más tiempo antes del endurecimiento completo del concreto.

C-0.3% SIKAMENT 290N: Aumenta el tiempo de fragua en un 20%, representando 02:06 horas adicionales. A pesar de ser una dosis relativamente baja, muestra un impacto considerable en el retraso del fraguado, lo que puede ser beneficioso en climas cálidos o situaciones donde se requiere una ventana de trabajo más extensa.

C-0.9% SIKAMENT 290N: Este tratamiento presenta la mayor variación, con un 28% más de tiempo de fragua final, equivalente a 02:59 horas. Es el tratamiento que más retrasa el fraguado final, siendo adecuado en condiciones donde se necesite una colocación del concreto más prolongada o un endurecimiento controlado.

El análisis revela que las distintas dosis de Sikament 290N impactan significativamente en el tiempo de fragua final del concreto, con retrasos que varían entre 21 minutos y casi 3 horas según la dosificación. Este retardo puede ser crucial en proyectos que requieren un tiempo mayor para la colocación y el acabado del concreto, ya que prolonga la trabajabilidad antes del endurecimiento completo. En particular, los tratamientos con dosis de aditivo de 0.9% y 0.3% muestran los mayores retrasos, lo que sugiere que son los más efectivos para extender el tiempo de fraguado en situaciones que lo requieran.

5.4. Resultados de costo de cantidad de materiales por metro cúbico.

Para la elaboración de la tabla de costos de materiales según tratamiento de estudio, se consideraron las cantidades de insumos con base en los pesos y densidades húmedas de los agregados empleados. Los costos referenciales utilizados para el cálculo de mano de obra, consumibles y equipos fueron obtenidos de la revista **Costos**, suplemento técnico de junio de 2024, el cual proporciona precios unitarios actualizados para el sector de la construcción.

Adicionalmente, se tomó en cuenta el análisis de precios unitarios para vigas de cimentación, conforme al detalle mostrado en las partidas de insumos, materiales y herramientas necesarias para el proceso constructivo. En la imagen se adjunta la portada del suplemento técnico que respalda la información de costos empleada en esta investigación.

Tabla 39

Costo de Materiales según tratamiento de estudio y variación con tratamiento sin aditivo

Material	Precio unitario (S/.)	C-SIN SIKAME NT 290N (S/.)	C-0.3% SIKAME NT 290N (S/.)	C-0.5% SIKAME NT 290N (S/.)	C-0.7 % SIKAME NT 290N (S/.)	C-0.9 % SIKAME NT 290N (S/.)	C-1.1 % SIKAME NT 290N (S/.)
Mano de obra, equipos y consumibles para 1 m3		122.67	122.67	122.67	122.67	122.67	122.67
Cemento (bolsas)	26.9	210.9	201.21	195.03	188.03	181.04	174.58
Agua (Litros)	0.4	76.64	72.44	69.65	67.99	64.94	62.16
Agregado fino Suelto (m3)	50	27.54	28.11	28.49	28.88	29.31	29.69
Agregado grueso Suelto (m3)	64.7	34.47	35.19	35.66	36.09	36.62	37.1
SIKAMENT 290N (L)	15.85	0	12.6	20.33	27.45	33.98	40.08
Costo Total por m3		472.22	472.22	471.83	471.11	468.56	466.28
% Variación con Tratamiento sin Aditivo (S/ 472.22)		100.00%	100.00%	99.92%	99.76%	99.22%	98.74%

La tabla 38 presenta el costo de materiales por metro cúbico de concreto, diferenciados por los tratamientos aplicados con distintas proporciones de Sikament 290N. En la tabla se observan variaciones en los costos debido principalmente a la cantidad de cemento y aditivo utilizado en cada tratamiento.

El tratamiento sin aditivo (C-SIN SIKAMENT 290N) tiene un costo total de S/.472.22, que es similar al costo del tratamiento con C-0.3% SIKAMENT 290N, lo que indica que la pequeña cantidad de aditivo añadido no genera un incremento significativo en el costo. Los tratamientos con 0.3% y 0.5% de Sikament presentan casi ninguna variación en el costo total, manteniéndose en 100% y 99.92% respectivamente.

A medida que la proporción de Sikament 290N aumenta, se observa una ligera reducción en los costos del cemento, debido a la eficiencia del aditivo en la reducción de la cantidad de cemento necesaria. Sin embargo, este ahorro es compensado por el costo del aditivo. el tratamiento con 0.7% Sikament muestra

una variación de 99.76%, el de 0.9% baja a 99.22%, y el de 1.1% alcanza un 98.74%, reflejando la reducción en el uso de cemento y agua, que compensa el costo del aditivo.

El costo total más elevado lo presenta el tratamiento sin aditivo, mientras que los costos más bajos corresponden a los tratamientos con mayores cantidades de aditivo, siendo el tratamiento con C-1.1% SIKAMENT 290N el que tiene el costo más bajo de S/.466.28.

Figura 21.

Gráfica de Costo de Materiales según tratamiento de estudio

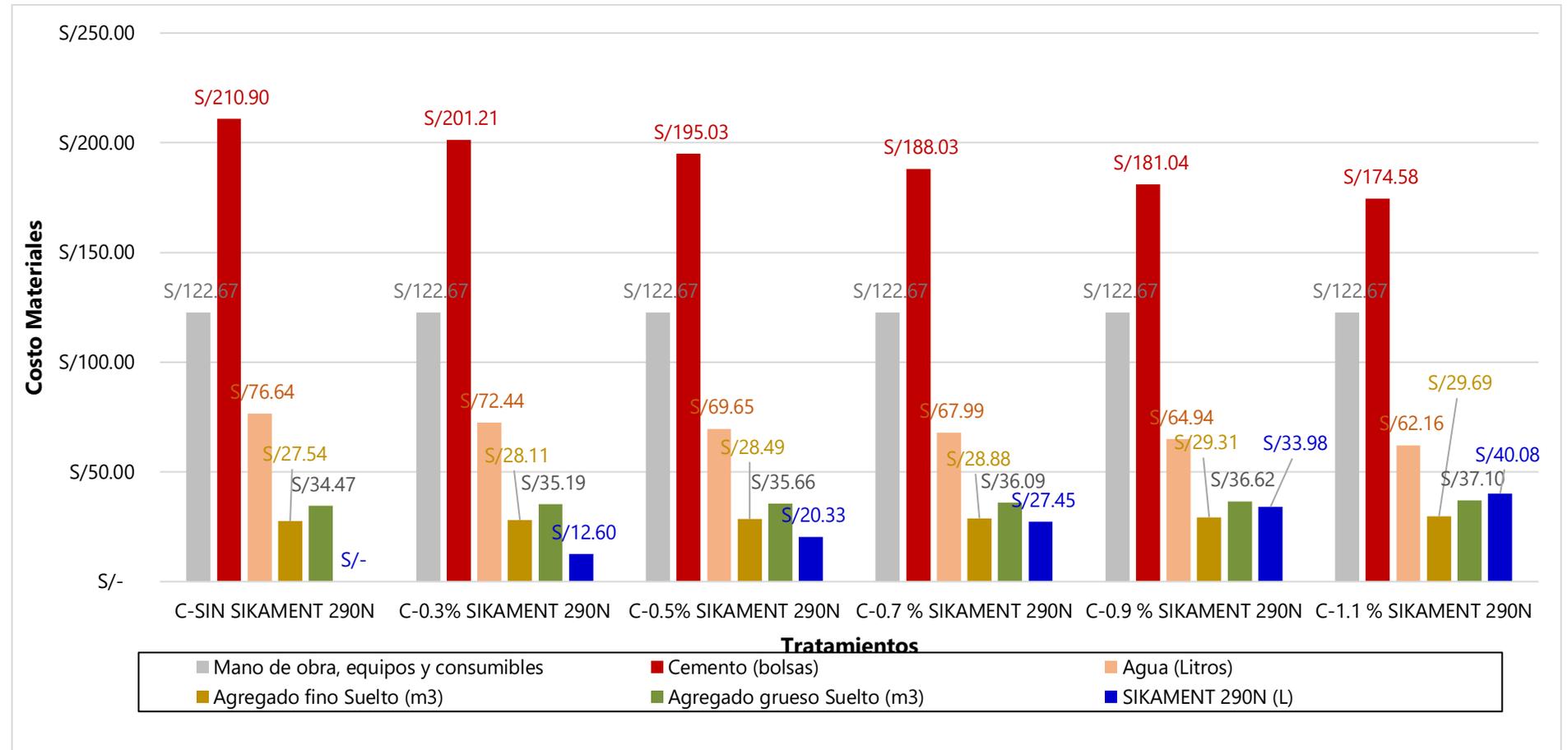
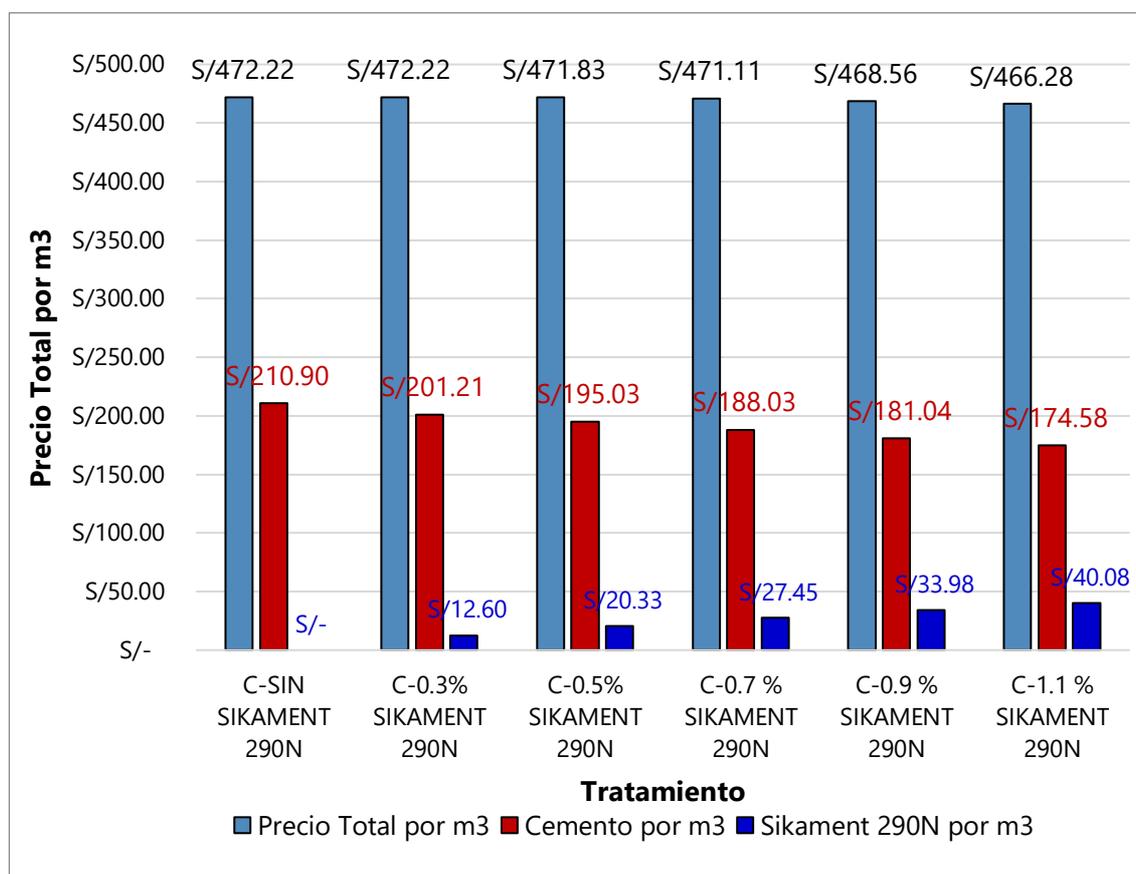


Figura 22.

Gráfica de Costo Total de Materiales según tratamiento de estudio



El análisis de los costos muestra que, aunque los precios unitarios de los materiales como el agua, los agregados y la mano de obra se mantienen constantes, el uso del aditivo Sikament 290N permite reducir significativamente el consumo de cemento. A medida que aumenta la dosificación del aditivo, el costo del cemento disminuye, lo que compensa en gran medida el costo adicional del Sikament. Por ejemplo, en el tratamiento con 1.1% de Sikament, el costo del cemento baja a S/ 174.58, en comparación con los S/ 210.9 del tratamiento sin aditivo. Esto se debe a que el Sikament mejora las propiedades del concreto, permitiendo usar menos cemento sin afectar la resistencia final.

El aumento en la dosificación de Sikament reduce los costos totales de producción del concreto. A pesar de que el costo del aditivo incrementa, la reducción en el consumo de cemento y agua contribuye a un costo total más eficiente. Así, los tratamientos con mayor dosificación de Sikament resultan en una mezcla más económica y optimizada, tanto en términos de materiales como de costos por m³, sin comprometer la calidad o resistencia del concreto.

5.5. Análisis de resultados de resistencia a la compresión, tiempo de fragua y costo por metro cubico de los tratamientos.

A continuación, se presenta la tabla 40 como un resumen que integra los resultados de cada tratamiento en relación con el patrón (sin aditivo), expresados en porcentajes y valores absolutos. Posteriormente, se realiza un análisis integral para interpretar las interacciones entre las variables y determinar el tratamiento óptimo.

Tabla 40

Tabla Resumen de Resultados de Resistencia a Compresión, Tiempo de Fraguado y Costos por Metro Cúbico de Concreto Según Tratamientos con Sikament 290N

Tratamiento	Resistencia a la compresión		Tiempo de Fragua Inicial		Tiempo de Fragua Final		Costo Total por m3	
	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)	% resistencia a los 28 días respecto al tratamiento patrón (287.44 Kg/cm ²)	Minutos	% Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (472.29 min)	Minutos	% Variación respecto a tratamiento sin Aditivo (640.98 min)	Soles	% Variación con Tratamiento sin Aditivo (S/ 472.22)
C-SIN	287.44	100%	472.29	100%	640.98	100%	472.22	100%
SIKAMENT 290N C-0.3%	322.80	112%	533.73	113%	662.88	103%	472.22	100%
SIKAMENT 290N C-0.5%	350.77	122%	555.23	118%	689.38	108%	471.83	100%
SIKAMENT 290N C-0.7%	335.47	117%	579.23	123%	753.98	118%	471.11	100%
SIKAMENT 290N C-0.9%	336.89	117%	604.66	128%	767.12	120%	468.56	99%
SIKAMENT 290N C-1.1%	314.00	109%	614.61	130%	820.49	128%	466.28	99%

Con base en el cuadro resumen, se evaluaron conjuntamente las variables de resistencia a compresión, tiempo de fraguado (inicial y final) y costos por metro cúbico de concreto, tomando como referencia el tratamiento patrón (sin aditivo) para determinar el desempeño de los diferentes tratamientos con Sikament 290N.

El tratamiento C-0.5% Sikament 290N se destacó como el más eficiente. Logró la mayor resistencia a compresión, alcanzando 350.77 kg/cm² (122.03% del

patrón), lo que representa un incremento del 22%. Además, presentó un costo competitivo de 99.92% (S/.471.83) respecto al concreto sin aditivo, mostrando que la reducción en el consumo de cemento casi compensa el costo del aditivo. En cuanto al tiempo de fraguado, este tratamiento retrasó la fragua inicial en un 13% (1:01 horas más) y la final en un 3% (21 minutos adicionales), lo que proporciona manejabilidad adecuada sin comprometer los tiempos de construcción.

Los tratamientos C-0.7% y C-0.9% también demostraron un buen desempeño, con resistencias de 335.47 kg/cm² (116.71%) y 336.89 kg/cm² (117.20%), respectivamente. Estos tratamientos ofrecieron un mayor retardo en el fraguado inicial (123% y 130%, respectivamente) y en el fraguado final (118% y 128%), siendo útiles en proyectos que requieren tiempos extendidos de trabajabilidad, especialmente en climas cálidos o construcciones complejas. En términos de costos, ambos tratamientos lograron reducciones ligeras (99.76% y 99.22%) en comparación con el patrón.

El tratamiento C-1.1% Sikament 290N, aunque presentó el menor costo total (98.74%, S/.466.56), no logró una mejora significativa en resistencia, alcanzando solo 314.00 kg/cm² (109.24%), inferior a las dosis intermedias. A pesar de ofrecer una extensión del tiempo de fraguado inicial y final (118% y 108%, respectivamente), su efectividad general es limitada, lo que sugiere que una mayor dosificación no garantiza mejores resultados.

El tratamiento C-0.3% Sikament 290N mostró un incremento moderado en la resistencia (112.30%), con tiempos de fraguado más extendidos que el 0.5% (128% inicial y 120% final) y un costo equivalente al patrón (100%). Este tratamiento es una alternativa viable para aplicaciones con menor exigencia en resistencia pero que requieren mayor trabajabilidad.

Finalmente, el tratamiento sin aditivo (C-SIN Sikament 290N) tuvo el peor desempeño en todas las variables. Su resistencia fue la más baja (287.44 kg/cm², 100%) y mostró los tiempos de fraguado más cortos (100% inicial y final), limitando su uso en proyectos donde se requiere mayor manejabilidad.

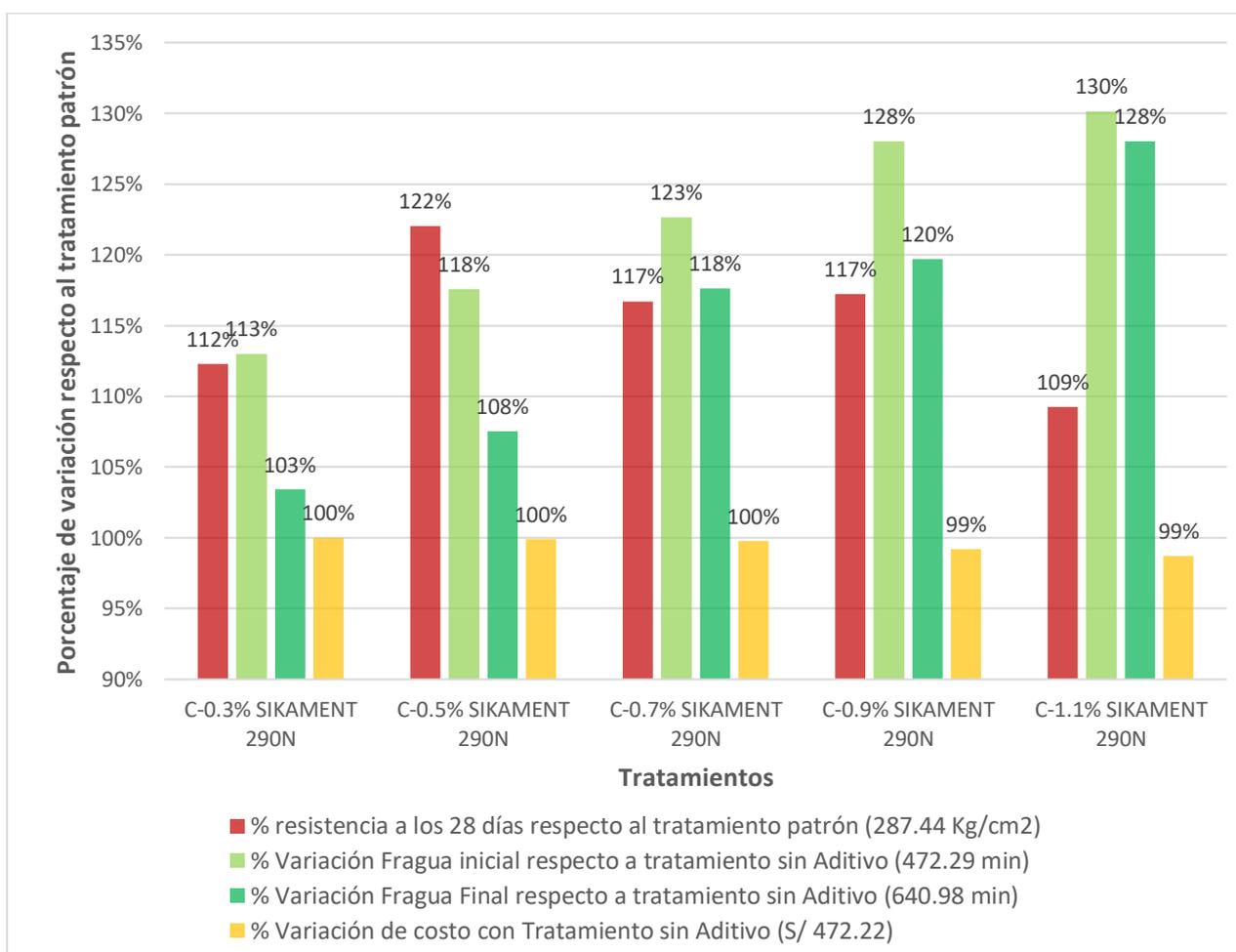
Conclusión Integrada

El tratamiento C-0.5% Sikament 290N combina de manera óptima alta resistencia, control moderado del tiempo de fraguado y costos competitivos, posicionándose como la mejor opción. Si se prioriza la manejabilidad, los

tratamientos C-0.7% y C-0.9% son alternativas adecuadas, aunque con un costo ligeramente superior. Por otro lado, el tratamiento C-1.1% no ofrece ventajas claras y el tratamiento sin aditivo resulta menos eficiente en todas las variables. La implementación de Sikament 290N en dosificaciones controladas demuestra ser una estrategia rentable y efectiva para optimizar el rendimiento del concreto.

Figura 23.

Variación porcentual de resistencia, tiempo de fraguado y costos respecto al tratamiento patrón



El gráfico destaca las variaciones porcentuales en resistencia a compresión a los 28 días, tiempo de fraguado inicial y final, y costos por metro cúbico en comparación con el tratamiento patrón (sin aditivo). En términos de resistencia, el tratamiento con 0.5% Sikament 290N es el más eficiente, con un incremento del 122%, seguido por los tratamientos con 0.7% (117%) y 0.9% (118%). Estos resultados reflejan que el uso de Sikament 290N mejora significativamente la resistencia del concreto, siendo más efectivo con una dosificación del 0.5%. En cuanto al tiempo de fraguado, el tratamiento con 0.9% registra el mayor retardo tanto en la fragua inicial (130%) como en la final (128%), seguido por el de 0.7%, lo que evidencia que dosis mayores de aditivo prolongan el tiempo disponible para trabajar el concreto.

En términos de costos, el tratamiento con 1.1% Sikament 290N presenta la mayor reducción (98.74%), aunque este ahorro es marginal en comparación con el tratamiento sin aditivo. Esto indica que el aditivo permite optimizar la cantidad de cemento y agua utilizados, compensando parcialmente su propio costo. En general, el tratamiento con 0.5% se posiciona como el más equilibrado, maximizando la resistencia y ofreciendo un retardo moderado en los tiempos de fraguado, con una reducción casi imperceptible en costos. Las dosificaciones más altas (0.9% y 1.1%) son útiles para proyectos que requieren mayor tiempo de trabajabilidad, aunque no ofrecen ventajas significativas en resistencia o costos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

1. Considerando los tres aspectos evaluados (resistencia, tiempo de fraguado y costo), la dosificación de 0.5% de Sikament 290N se posiciona como la opción más equilibrada. Esta dosificación no solo maximizó la resistencia a la compresión, sino que también mantuvo un tiempo de fraguado adecuado y generó un costo eficiente.
2. El estudio demostró que la incorporación de Sikament 290N incrementa la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días. De las dosificaciones evaluadas, la de 0.5% fue la más eficiente, logrando un aumento del 22% (350.77 kg/cm^2) en comparación con el concreto sin aditivo (287.44 kg/cm^2). Si bien otras dosificaciones (0.7% y 0.9%) también mostraron mejoras significativas, la de 0.5% se destacó por alcanzar la mayor resistencia. Es importante resaltar que aumentar la dosificación de Sikament 290N no siempre garantiza un incremento proporcional en la resistencia, como se observó con la dosificación de 1.1%.
3. Se evidenció que el Sikament 290N retrasa el tiempo de fraguado inicial y final del concreto. La dosificación de 0.9% generó el mayor retardo, aumentando el tiempo de fraguado inicial en un 130% (2 horas y 22 minutos) y el final en un 128% (2 horas y 59 minutos) con respecto al concreto sin aditivo. Este efecto permite mayor flexibilidad en el manejo del concreto, especialmente en condiciones climáticas adversas o cuando se requiere mayor tiempo para la colocación y el acabado.
4. El estudio demostró que la incorporación de Sikament 290N puede reducir los costos de producción del concreto. Si bien el aditivo tiene un costo, este se ve compensado por la disminución en la cantidad

de cemento necesaria para alcanzar la resistencia deseada. Es importante destacar que el análisis de costos consideró que los precios de los demás componentes del concreto (agregados, agua) se mantuvieron constantes en todas las dosificaciones evaluadas. A pesar de obtener mejores resistencias con el aditivo, el costo total por metro cúbico de concreto no se vio incrementado e incluso se redujo en algunos casos. La dosificación de 1.1% de Sikament 290N resultó ser la más económica, con una reducción del 1.26% en comparación con el concreto sin aditivo.

6.2. Recomendaciones.

1. Se recomienda extender los ensayos de resistencia a compresión más allá de los 28 días, debido al efecto retardante del fraguado observado con mayores dosis de Sikament 290N. Dado que este aditivo retrasa el tiempo de fraguado inicial y final, es posible que las mejoras en resistencia a largo plazo no se manifiesten completamente en los primeros 28 días, pero sí en edades más avanzadas como los 56 o 90 días, permitiendo una evaluación más precisa del impacto del aditivo en la resistencia final del concreto.
2. Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar distintas combinaciones de dosificaciones de cemento y aditivo Sikament 290N. El objetivo sería identificar la cantidad óptima de ambos componentes para maximizar la resistencia a la compresión, y explorar cómo estas combinaciones pueden influir en otras propiedades del concreto, como el comportamiento mecánico y la durabilidad a largo plazo. Esto permitirá obtener una dosificación más eficiente en términos de rendimiento y costo.
3. Para futuras investigaciones, se sugiere estudiar el comportamiento del concreto no solo en términos de resistencia a la compresión, sino también en otras propiedades clave tanto en estado fresco como endurecido. Esto incluye la trabajabilidad, densidad, durabilidad, resistencia a la flexión, slump, y peso

específico, entre otros. Evaluar estas propiedades permitirá una comprensión más completa del desempeño del concreto con Sikament 290N, proporcionando información valiosa sobre su aplicabilidad en distintos tipos de proyectos y condiciones climáticas, y permitiendo desarrollar concretos más resistentes y durables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- ACI Committee 209. (2008). *Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete (ACI 209.2R-08)*. American Concrete Institute (ACI).
- ACI Committee 212. (2010). *Report on Chemical Admixtures for Concrete (ACI 212.3R-10)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 308. . (2016). *Guide to Curing Concrete (ACI 308-16)*. . American Concrete Institute.
- ACI Committee 318. (2016). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-16)*. American Concrete Institute.
- American Concrete Institute. (2002). *Guide for the Use of Silica Fume in Concrete (ACI 214R-02)*.
- American Concrete Institute. (2008). Spanish Edition ACI 318S-08.
- American Concrete Institute. (2016). *Report on Chemical Admixtures for Concrete (ACI 212.3R-16)*. ACI.
- Asociación de Productores de Cemento. (2021). *Reporte Estadístico Mensual - Diciembre 2020*. Lima.
- ASTM C39. (2020). *ASTM C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- ASTM C403. (2020). *tandard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*. ASTM International. .
- ASTM C494. (2005). *Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto*. E.E.U.U.
- ASTM Internacional. (2008). *ASTM C31/C31M-08a: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*. USA: Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra.
- ASTM International. (1999). *ASTM C39/C39M-99: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. USA: Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.
- ASTM International. (2012). *ASTM C150-12: Standard Specification for Portland Cement*. USA.
- Bazan De La Cruz, A. W. (2021). *Influencia del uso de aditivos acelerantes y retardantes en el desarrollo de resistencia a la compresión de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² medidas por el método de madurez en la ciudad de Trujillo, 2021*. Trujillo: UPN. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33022>

- Canchaya Cano, L. M. (2021). *Efecto de aditivos de última generación en las propiedades en estado fresco y endurecido en concretos por desempeño para transporte prolongado - Huancayo 2020*. Universidad Continental.
- Chema. (2016, 02 16). *Chema productos*. Retrieved 02 08, 2016, from <http://www.chema.com.pe/assets/productos/ficha-tecnica/MEMBRANIL-VISTA.pdf>
- Collepari, M., Coppola, L., Troli, R., & Collepari, S. (2015). *Self-compacting light-weight concretes with ground bottom ash from municipal solid waste incinerators (MSWI)*. . ACI Special Publication. American Concrete Institute.
- COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. (1993). CEB-FIP MODEL CODE 1990. Gran Bretaña: Redwood Books.
- Cubas Miranda, F. J. (2019). *Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional*. Trujillo: UPN. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21285>
- Díaz Sánchez, C., & Ramírez Julca, J. (2022). *Inclusión de aditivo Sikament 290N para mejorar la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto f'c 280 kg/cm2, Jaén*. Jaén: Universidad César Vallejo. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93412>
- Espinoza Zevallos, L., & Rojas Garriazo, K. (2022). *Tipos de aditivos para mejorar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto elaborado con agregado reciclado: Revisión sistemática*. Universidad César Vallejo.
- Ezeagu, A., & Edwin, E. (2021). *Influence of Super plasticizer on the Compressive Strength and Setting Time of Concrete*. American Journal of Engineering and Technology Management. Retrieved from <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.ajetm.20210605.12>
- Gonzales Quincho, E. J., & Arteaga Vela, C. M. (2021). *Influencia del aditivo plastificante sika cem en la resistencia a la compresión del concreto, Tarapoto – provincia de San Martín – Perú, 2021*. Tarapoto: Universidad Científica del Perú. Retrieved from <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1478>
- Incio Abanto, P. (2015). *Influencia del aditivo chema 3 en la resistencia a la compresión, a diferentes edades, del concreto usando cemento Portland tipo 1 y agregados de río; en la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/645>
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (1999, junio). <http://www.imcyc.com/>. Retrieved marzo 29, 2016, from <http://www.imcyc.com/revista/1999/junio/aditivos1.htm>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2015). *NTP 334.088:2015 Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto)*. Lima: INACAL.

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2009). NTP 339.033:2009 Cemento Portland adicionado. Requisitos. *INDECOPI*(3ra Edición).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (1982). *NTP 339.088:1982 Cemento Portland. Requisitos*. Lima, Perú: HORMIGON (CONCRETO). Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). NTP 339.185:2002 Cemento Portland Puzolánico. Requisitos. *INDECOPI*(1ra edición).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). NTP 400.018:2002 Agregados. Definiciones y clasificación. I. *INDECOPI*(2da Edición).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). NTP 400.021:2002 Agregados. Análisis granulométrico. . *INDECOPI*(2da Edición).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). NTP 400.022:2002 Agregados. Determinación de la densidad y absorción de agregados finos. *INDECOPI*(2a. ed.).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). *NTP 400.037:2002 Agregados. Determinación del contenido de humedad superficial*. Lima, Perú: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). NTP 400.037:2002 Agregados. Determinación del contenido de humedad superficial. . *INDECOPI*.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2006). NTP 400.043:2006 Agregados. Determinación de la densidad real y la densidad aparente. *INDECOPI*.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association.
- Lange, D. A. (1994). *Long-Term Strength Development of Concrete (Desarrollo de la Resistencia del Concreto a Largo Plazo)*. USA: Portland Cement Association.
- López, M., Kahn, L., & Kurtis, K. (2005). *Curado interno en hormigones de alto desempeño - un nuevo paradigma*. Atlanta, U.S.A.
- Mehta, P., & Monteiro, P. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. (4th ed.). McGraw-Hill Education.

- National Ready Mixed Concrete Association. (2020). *CIP 38: Concreto Permeable*. Retrieved from <https://www.nrmca.org>.
- Pasquel Cabrajal, E. (2010). *Mitos y realidades del concreto Informal en el Perú*. Lima: ACI Perú.
- Portland Cement Association. . (2023). *Cement & Concrete FAQ*. Recuperado de www.cement.org.
- Rivva, E. (2004). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva, E. (2010). *CONCRETO, TOMO II: Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Sangay Quiliche, N. K. (2017). *Influencia del aditivo eucon 1037 en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ - Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Retrieved from <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1006>
- Santhanam, M. (2013). *Evaluation of Superplasticizer Performance in Concrete*. India: 3rd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies .
- SENAMHI - SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU . (2016, Febrero 17). *senamhi*. Retrieved from http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000304
- Sika Perú S.A.C. (2020). *Sikament 290N: Aditivo polifuncional e impermeabilizante para concreto* (Versión 03.02 ed.). Lima.
- Torres, A., Aguayo, F., Allena, S., & Ellis, M. (2020). *The Effect of Various Superplasticizers on Ultra High Strength Concrete*. Springer, Cham.: RILEM Bookseries. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-030-22034-1_19
- Wu, C., Leng, X., Li, J., Xin, D., & Li, Y. (2020). *Effect of Functional Superplasticizers on Concrete Strength and Pore Structure*. Applied Sciences. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/app10103496>

ANEXOS – 1 FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.

Tesista realizando el ensayo de Asentamiento para verificación de Especificación de diseño.



Fotografía 2.

Tesista realizando el ensayo de Asentamiento para verificación de Especificación de diseño.



Fotografía 3.

Tesista elaborando las mezclas de tanda para el concreto de los tratamiento de estudio.

**Fotografía 4.**

Ensayo de densidades de los agregados para el concreto.



Fotografía 5.

Especímenes de concreto luego de realizar las pruebas de penetración para determinar el tiempo de fragua.

**Fotografía 6.**

Ensayo de esfuerzo a compresión de especímenes cilíndricos de 4" de diámetro.



Fotografía 7.

Pantalla de la máquina de esfuerzo a compresión al finalizar el ensayo con una fuerza máxima de rotura de 156.5 kN del espécimen C-0.70-7D-4 ensayado a los 7 días.

**Fotografía 8.**

Pruebas de penetración para determinar el tiempo de fragua.



Fotografía 9.

El tesista preparando la muestra de concreto fresco para el ensayo de penetración.

**Fotografía 10.**

Especímenes de concreto en moldes luego de haberlos elaborados.



Fotografía 11.

Toma de temperatura de concreto fresco antes de elaborar los especímenes.

**Fotografía 12.**

Prueba de contenido de aire en concreto fresco.



ANEXO – 2 DISEÑOS DE MEZCLAS

Pag. 1/2	Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua	 SGC-REC-06-D1042 Versión 05										
Requisitos:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Resistencia</th> <th>Edad</th> <th>Cemento</th> <th>Piedra</th> <th>Asentamiento</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C210</td> <td></td> <td style="text-align: center;">MS</td> <td style="text-align: center;">H57</td> <td style="text-align: center;">A5</td> </tr> </table>	Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	C210		MS	H57	A5	Otros especiales
Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento								
C210		MS	H57	A5								
Código Concreto:	C210-MS-H57-A5	Fecha : 28 de Marzo de 2017										
Descripción:												
Tipo de Suministro:	Bombeado											
Aplicación (Elementos):	---											
Propiedades Físicas de los Insumos												
Descripción de Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia				
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2980					1501		Fabricante: CPSSA				
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA				
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA				
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública				
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Zarandeado)	2560	1.6	0.8	3.52	4.75 mm	1450	0.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)	2520	2.8	5.7	3.52	4.75 mm	1550	100.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Grueso - H57 Río Cajamarquino	2520	1.9	2.2	6.96	1 pulg	1480	100.0%	Cantera: H57 río Cajamarquino				
Agregado Grueso - H67 río Cajamarquino	2540	2.0	0.1	6.74	3/4 pulg	1500	0.0%	Cantera: H67 río Cajamarquino				
Consideraciones - Requisitos del Concreto												
f'c (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (kg)	Módulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump mín. LAB (pulg)	
C210	21	Tabla 5.3.2.1	238	220	0.66	333	5.20	0.485	0.515	A5	6 1/2	
EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS							Mfg DISEÑO ==>	5.08	(Definido luego las pruebas industriales)			
							EVALUACIÓN Mfg ==>	Ajustar incidencias				
Dosificación del Concreto												
Materiales	%	Dosificación del Concreto					Corrección Por Peso Unitario C.F.					
		Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)		
MS		333	0.1117	333	333	9.99	250	250	250	0.08381		
Microsilice												
Filler												
Agua		220	0.2198	192	220	5.75	212	184	212	0.21194		
Río Cajamarquino (Zarandeado)												
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)		886	0.3515	936	911	28.09	664	702	683	0.26361		
H57 Río Cajamarquino		834	0.3310	852	850	25.57	626	639	637	0.24825		
H67 río Cajamarquino												
Sikament 290N	1180											
Sikament TM-150	1220											
Plastiment TM-12	1180											
Viscoflow 50	1090											
Sikament TM-140	1240											
Sika Aer	1020											
Sikatard	1100											
Viscocrete SC-50	1100											
Viscocrete 2220	1070											
Enduro 600	910											
SikaFiber 50 PE	910											
Aire Atrapado		0.50%	0.0050									
Total	1.02	2273	1.0190	2313	2313	69.398	1752	1775	1782			
Condiciones y Características del Concreto Fresco												
Ensayo	T1	T2	T3	Promedio								
T. Ambiente (°C)												
T. Concreto(°C)	19.5			19.5								
Asentamiento (pulg.)	4 1/2			4 1/2								
Peso Unitario (kg/m ³)	2312			2312								
Contenido de Aire (%)												
Agua total tanda (kg.)												
Tanda (m ³)												
T. fraguado inicial												
T. fraguado final												
Apariencia	Piedrosa	Pastosa	Normal	Conforme?								
Otro ensayo												
PRUEBA N°01 (Ra/c=0.66)												
Ing. Hugo Novoa Reina Tesis Postgrado												

		Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua										
Pag. 1/2		CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES					SGC-REG-06-D1042 Versión 05					
Requisitos:		Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	Otros especiales					
		C210		MS	H57	A5						
Código Concreto:		C210-MS-H57-A5					Fecha : 9 de Setiembre de 2015					
Tipo de Suministro:		Bombeado										
Aplicación (Elementos):		---										
Propiedades Físicas de los Insumos												
Descripción de Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia				
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2980					1501		Fabricante: CPSSA				
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA				
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA				
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública				
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Zarandeado)	2560	1.6	0.8	3.52	4.75 mm	1450	0.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)	2520	2.8	5.7	3.52	4.75 mm	1550	100.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Grueso - H57 Río Cajamarquino	2520	1.9	2.2	6.96	1 pulg	1480	100.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Grueso - H67 Río Cajamarquino	2540	2.0	0.1	6.74	3/4 pulg	1500	0.0%	Cantera: H67 Río Cajamarquino				
Consideraciones - Requisitos del Concreto												
f'c (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump mín. LAB (pulg)	
C210	21	Tabla 5.3.2.1	238	210	0.66	318	5.17	0.485	0.515	A5	6 1/2	
EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS							Mfg DISEÑO ==>	5.08	(Definido luego las pruebas industriales)			
							EVALUACIÓN Mfg ==>	Ajustar incidencias				
Dosificación del Concreto						Corrección Por Peso Unitario C.F.						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)		
MS		318	0.1067	318	318	9.54	239	239	239	0.08003		
Microsilice												
Filler												
Agua		210	0.2099	181	210	5.43	213	184	213	0.21252		
Río Cajamarquino (Zarandeado)												
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)		904	0.3587	956	929	28.67	678	717	697	0.26906		
H57 Río Cajamarquino		851	0.3379	870	888	26.10	639	653	651	0.25339		
H67 Río Cajamarquino												
Sikament 290N	1180	0.30%	0.95	0.0008	0.95	0.95	0.029	0.716	0.72	0.72	0.00061	
Sikament TM-150	1220											
Plastiment TM-12	1180											
Viscoflow 50	1090											
Sikament TM-140	1240											
Sika Aer	1020											
Sikatard	1100											
Viscocrete SC-50	1100											
Viscocrete 2220	1070											
Enduro 600	910											
SikaFiber 50 PE	910											
Aire Atrapado	0.50%		0.0050									
Total	1.02	2284	1.0190	2326	2326	69.773	1768	1792	1799			
Condiciones y Características del Concreto Fresco												
Ensayo	T1	T2	T3	Promedio								
T. Ambiente (°C)												
T. Concreto(°C)												
Asentamiento (pulg)												
Peso Unitario (kg/m ³)												
Contenido de Aire (%)												
Agua total tanda (kg.)												
Tanda (m ³)												
T. fraguado inicial												
T. fraguado final												
Apariencia	Piedrosa	Pastosa	Normal	Conforme?								
Otro ensayo												
PRUEBA N°02 (Ra/c=0.66)+0.3%290N												
Ing. Hugo Novoa Reina Tesis Postgrado												

		Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua									
Pag. 1/2		CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES					SGC-REG-06-D1042 Versión 05				
Requisitos:		Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	Otros especiales				
		C210		MS	H57	A5					
Código Concreto:		C210-MS-H57-A5					Fecha : 9 de Setiembre de 2015				
Descripción:											
Tipo de Suministro:		Bombeado									
Aplicación (Elementos):		---									
Propiedades Físicas de los Insumos											
Descripción de Materiales	Peso Especifico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia			
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2980					1501		Fabricante: CPSSA			
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA			
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA			
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Publica			
Agregado Fino - Rio Cajamarquino (Zarandeado)	2560	1.6	0.8	3.52	4.75 mm	1450	0.0%	Cantera: rio cajamarquino			
Agregado Fino - Rio Cajamarquino (Chancado)	2520	2.8	5.7	3.52	4.75 mm	1550	100.0%	Cantera: rio cajamarquino			
Agregado Grueso - H57 Rio Cajamarquino	2520	1.9	2.2	6.96	1 pulg	1480	100.0%	Cantera: H57 rio Cajamarquino			
Agregado Grueso - H67 rio Cajamarquino	2540	2.0	0.1	6.74	3/4 pulg	1500	0.0%	Cantera: H67 rio Cajamarquino			
Consideraciones - Requisitos del Concreto											
f'c (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump mín. LAB (pulg)
C210	21	Tabla 5.3.2.1	238	203	0.66	308	5.15	0.485	0.515	A5	6 1/2
EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS						Mfg DISEÑO ==>	5.08	(Definido luego las pruebas industriales)			
						EVALUACIÓN Mfg ==>	Ajustar incidencias				
Dosificación del Concreto							Corrección Por Peso Unitario C.F.				
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda 30 L	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)	
MS		308	0.1034	308	308	9.24	231	231	231	0.07752	
Microsilice											
Filler											
Agua		203	0.2033	174	203	5.22	213	184	213	0.21291	
Rio Cajamarquino (Zarandeado)											
Agregado Fino - Rio Cajamarquino (Chancado)		916	0.3636	969	942	29.06	687	726	706	0.27272	
H57 Rio Cajamarquino		863	0.3424	882	879	26.46	647	661	660	0.25683	
H67 rio Cajamarquino											
0											
Sikament 290N	1180	0.50%	1.54	0.0013	1.54	0.046	1.155	1.16	1.16	0.00098	
Sikament TM-150	1220										
Plastiment TM-12	1180										
Viscoflow 50	1090										
Sikament TM-140	1240										
Sika Aer	1020										
Sikatard	1100										
Viscocrete SC-50	1100										
Viscocrete 2220	1070										
Enduro 600	910										
SikaFiber 50 PE	910										
Aire Atrapado			0.0050								
Total	1.02		2292	1.0190	2334	70.024	1780	1804	1811		
Condiciones y Características del Concreto Fresco											
Ensayo	T1	T2	T3	Promedio							
T. Ambiente (°C)											
T. Concreto(°C)											
Asentamiento (pulg)											
Peso Unitario (kg/m ³)											
Contenido de Aire (%)											
Agua total tanda (kg.)											
Tanda (m ³)											
T. fraguado inicial											
T. fraguado final											
Apariencia	Piedrosa	Pastosa	Normal	Conforme?							
Otro ensayo											
							PRUEBA N°03 (Ra/c=0.66)+0.5%290N				
							Ing. Hugo Novoa Reina Tesis Postgrado				

DINO		Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua					ISO					
Pag. 1/2		CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES					SGC-REG-06-D1042 Versión 05					
Requisitos:		Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	Otros especiales					
		C210		MS	H57	A5						
Código Concreto:		C210-MS-H57-A5			Fecha :		9 de Setiembre de 2015					
Descripción:												
Tipo de Suministro:		Bombeado										
Aplicación (Elementos):		---										
Propiedades Físicas de los Insumos												
Descripción de Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia				
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2980					1501		Fabricante: CPSSA				
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA				
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA				
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública				
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Zarandeado)	2560	1.6	0.8	3.52	4.75 mm	1450	0.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)	2520	2.8	5.6	3.52	4.75 mm	1550	100.0%	Cantera: Río Cajamarquino				
Agregado Grueso - H57 Río Cajamarquino	2520	1.9	1.9	6.96	1 pulg	1480	100.0%	Cantera: H57 Río Cajamarquino				
Agregado Grueso - H67 Río Cajamarquino	2540	2.0	0.1	6.74	3/4 pulg	1500	0.0%	Cantera: H67 Río Cajamarquino				
Consideraciones - Requisitos del Concreto												
f'c (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump mín. LAB (pulg)	
C210	21	Tabla 5.3.2.1	238	196	0.66	297	5.13	0.485	0.515	A5	6 1/2	
EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS							Mfg DISEÑO ==>	5.08	(Definido luego las pruebas industriales)			
							EVALUACIÓN Mfg ==>	Ajustar incidencias				
Dosificación del Concreto						Corrección Por Peso Unitario C.F.						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)		
MS		297	0.0997	297	297	8.91	223	223	223	0.07475		
Microsilice												
Filler												
Agua		196	0.1960	170	196	5.10	210	184	210	0.20979		
Río Cajamarquino (Zarandeado)												
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)		930	0.3690	982	956	29.46	697	737	717	0.27677		
H57 Río Cajamarquino		876	0.3475	892	892	26.77	657	669	669	0.26065		
H67 Río Cajamarquino												
Sikament 290N	1180	0.70%	2.08	0.0018	2.08	0.062	1.559	1.56	1.56	0.00132		
Sikament TM-150	1220											
Plastiment TM-12	1180											
Viscoflow 50	1090											
Sikament TM-140	1240											
Sika Aer	1020											
Sikatard	1100											
Viscocrete SC-50	1100											
Viscocrete 2220	1070											
Enduro 600	910											
SikaFiber 50 PE	910											
Aire Atrapado	0.50%		0.0050									
Total	1.02	2301	1.0190	2343	2343	70.305	1788	1814	1820			
Condiciones y Características del Concreto Fresco												
Ensayo	T1	T2	T3	Promedio								
T. Ambiente (°C)												
T. Concreto(°C)												
Asentamiento (pulg)												
Peso Unitario (kg/m ³)												
Contenido de Aire (%)												
Agua total tanda (kg.)												
Tanda (m ³)												
T. fraguado inicial												
T. fraguado final												
Apariencia	Piedrosa	Pastosa	Normal	Conforme?								
Otro ensayo												
PRUEBA N°04 (Ra/c=0.66)+0.7%290N												
Ing. Hugo Novoa Reina Tesis Postgrado												

		Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua									
Pag. 1/2		CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES					SGC-REG-06-D1042 Versión 05				
Requisitos:		Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	Otros especiales				
		C210		MS	H57	A5					
Código Concreto:		C210-MS-H57-A5					Fecha : 9 de Setiembre de 2015				
Descripción:		Bombeado									
Tipo de Suministro:											
Aplicación (Elementos):		---									
Propiedades Físicas de los Insumos											
Descripción de Materiales	Peso Especifico (kg/m³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia			
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2980					1501		Fabricante: CPSSA			
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA			
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA			
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública			
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Zarandeado)	2560	1.6	0.8	3.52	4.75 mm	1450	0.0%	Carrera: Río Cajamarquino			
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)	2520	2.8	5.6	3.52	4.75 mm	1550	100.0%	Carrera: Río Cajamarquino			
Agregado Grueso - H57 Río Cajamarquino	2520	1.9	1.9	6.96	1 pulg	1480	100.0%	Carrera: Río Cajamarquino			
Agregado Grueso - H67 Río Cajamarquino	2540	2.0	0.1	6.74	3/4 pulg	1500	0.0%	Carrera: Río Cajamarquino			
Consideraciones - Requisitos del Concreto											
f'c (kg/cm²)	Desviación Estándar (kg/cm²)	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump min. LAB (pulg)
C210	21	Tabla 5.3.2.1	238	189	0.66	286	5.12	0.485	0.515	A5	6 1/2
EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS						Mfg DISEÑO ==> 5.08 (Definido luego las pruebas industriales)					
						EVALUACIÓN Mfg ==> Ajustar incidencias					
Dosificación del Concreto							Corrección Por Peso Unitario C.F.				
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L	Peso Seco (kg/m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Volumen (m³)	
MS		286	0.0960	286	286	8.58	215	215	215	0.07198	
Microsilice											
Filler											
Agua		189	0.1888	162	189	4.87	210	184	210	0.21017	
Río Cajamarquino (Zarandeado)											
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)		944	0.3744	996	970	29.89	708	747	728	0.28084	
H57 Río Cajamarquino		889	0.3526	906	906	27.17	666	679	679	0.26448	
H67 Río Cajamarquino											
Sikament 290N	1180	0.90%	2.57	0.0022	2.57	0.077	1.931	1.93	1.93	0.00164	
Sikament TM-150	1220										
Plastiment TM-12	1180										
Viscoflow 50	1090										
Sikament TM-140	1240										
Sika Aer	1020										
Sikatard	1100										
Viscocrete SC-50	1100										
Viscocrete 2220	1070										
Enduro 600	910										
SikaFiber 50 PE	910										
Aire Atrapado			0.0050								
Total	1.02		2310	1.0190	2353	70.587	1801	1827	1833		
Condiciones y Características del Concreto Fresco											
Ensayo	T1	T2	T3	Promedio							
T. Ambiente (°C)											
T. Concreto(°C)											
Asentamiento (pulg)											
Peso Unitario (kg/m³)											
Contenido de Aire (%)											
Agua total tanda (kg.)											
Tanda (m3)											
T. fraguado inicial											
T. fraguado final											
Apariencia	Piedrosa	Pastosa	Normal	Conforme?							
Otro ensayo											
PRUEBA N°05 (Ra/c=0.66)+0.9%290N											
Ing. Hugo Novoa Reina Tesis Postgrado											

DINO		Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua					ISO 9001				
Pag. 1/2		CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES					SGC-REG-06-D1042 Versión 05				
Requisitos:		Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	Otros especiales				
		C210		MS	H57	A5					
Código Concreto:		C210-MS-H57-A5			Fecha : 9 de Setiembre de 2015						
Descripción:											
Tipo de Suministro:		Bombeado									
Aplicación (Elementos):		---									
Propiedades Físicas de los Insumos											
Descripción de Materiales	Peso Especifico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia			
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2980					1501		Fabricante: CPSSA			
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA			
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA			
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública			
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Zarandeado)	2560	1.6	0.8	3.52	4.75 mm	1450	0.0%	Cantera: río Cajamarquino			
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Chancado)	2520	2.8	5.6	3.52	4.75 mm	1550	100.0%	Cantera: río Cajamarquino (Chancado)			
Agregado Grueso - H57 Río Cajamarquino	2520	1.9	1.9	6.96	1 pulg	1480	100.0%	Cantera: H57 río			
Agregado Grueso - H67 río Cajamarquino	2540	2.0	0.1	6.74	3/4 pulg	1500	0.0%	Cantera: H67 río Cajamarquino			
Consideraciones - Requisitos del Concreto											
f'c (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump mín. LAB (pulg)
C210	21	Tabla 5.3.2.1	238	182	0.66	276	5.10	0.485	0.515	A5	6 1/2
EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS						Mfg DISEÑO ==>	5.08	(Definido luego las pruebas industriales)			
						EVALUACIÓN Mfg ==>	Ajustar incidencias				
Dosificación del Concreto							Corrección Por Peso Unitario C.F.				
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda 30 L	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)	
MS		276	0.0926	276	276	8.28	207	207	207	0.06946	
Microsilice											
Filler											
Agua		182	0.1822	155	182	4.66	211	184	211	0.21052	
Río Cajamarquino (Zarandeado)											
Agregado Fino - Río Cajamarquino (Zarandeado)		956	0.3794	1010	983	30.29	717	757	737	0.28453	
H57 Río Cajamarquino		900	0.3573	917	917	27.52	675	688	688	0.26796	
H67 río Cajamarquino											
0											
Sikament 290N	1180	1.10%	3.04	0.0026	3.04	3.04	0.091	2.277	2.28	2.28	0.00193
Sikament TM-150	1220										
Plastiment TM-12	1180										
Viscoflow 50	1090										
Sikament TM-140	1240										
Sika Aer	1020										
Sikatard	1100										
Viscocrete SC-50	1100										
Viscocrete 2220	1070										
Enduro 600	910										
SikaFiber 50 PE	910										
Aire Atrapado			0.0050								
Total	1.02		2318	1.0190	2361	70.843	1812	1838	1845		
Condiciones y Características del Concreto Fresco											
Ensayo	T1	T2	T3	Promedio							
T. Ambiente (°C)											
T. Concreto(°C)											
Asentamiento (pulg)											
Peso Unitario (kg/m ³)											
Contenido de Aire (%)											
Agua total tanda (kg.)											
Tanda (m ³)											
T. fraguado inicial											
T. fraguado final											
Apariencia	Piedrosa	Pastosa	Normal	Conforme?							
Otro ensayo											
PRUEBA N°05 (Ra/c=0.66)+0.9%290N											
Ing. Hugo Novoa Reina Tesis Postgrado											