

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

Influencia del aditivo SikaCem Acelerante PE en las resistencias mecánicas de concreto de $f'c$ 280 Kg/cm², para diferentes edades

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

HANSEL LEONARDO PERALTA QUIROZ

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

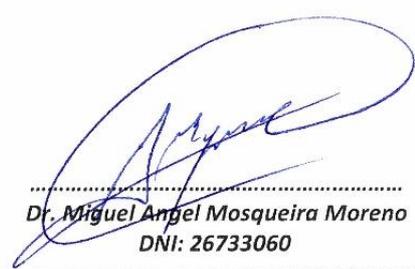
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Hansel Leonardo Peralta Quiroz
DNI: 71026270
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción
2. Asesor(a): 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 del aditivo SikaCem Acelerante PE en las resistencias mecánicas de concreto de $f'c$ 280 Kg/cm², para diferentes edades
6. Fecha de evaluación: **19/08/2025**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **25%**
9. Código Documento: **3117: 484550722**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **04/09/2025**

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
DNI: 26733060

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
HANSEL LEONARDO PERALTA QUIROZ
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 MAESTRIA EN CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las *10:00* horas, del día 25 de Junio de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula 1Q-206 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M. CS. MANUEL LINCOLN MINCHÁN PAJARES, M. CS. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada “**INFLUENCIA DEL ADITIVO SikaCem ACELERANTE PE EN LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS DE CONCRETO DE F 'C 280 Kg/Cm², PARA DIFERENTES EDADES**”, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **HANSEL LEONARDO PERALTA QUIROZ**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *...APROBADO...* con la calificación de *...17 (diecisiete)... EXCELENTE...* la mencionada Tesis; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **HANSEL LEONARDO PERALTA QUIROZ**, 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 *11:20* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.



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



.....
Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador



.....
M. Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares
Jurado Evaluador



.....
M. Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Para:

Mis padres Guzmán y Lucía, con mucho amor, gratitud y cariño.

Mis hermanos Rosario, Nicool y Gustavo, compañeros y cómplices en esta travesía llamada vida.

Mis primos, tíos, abuelos y toda mi gran familia, quienes siempre brindan ese cariño, amistad y alegría.

La memoria del Ing. José Lezama Leiva, maestro y mentor en la profunda profesión de la ingeniería civil y la tecnología de los materiales de construcción y el concreto.

AGRADECIMIENTO

A:

Mis padres Guzmán y Lucía, por toda su comprensión, amor y soporte incondicional en cada etapa de mi vida.

Mis hermanos Rosario, Nicool y Gustavo, por cada momento compartido y por cada aventura y travesura, mis pequeños gigantes.

Mis primos, tíos, abuelos y toda mi gran familia, por profesar constantemente la unión familiar y el respeto y amor hacia tus seres queridos.

Mis amigos y amigas, por todo su soporte y motivación durante los buenos y malos momentos, por animarme a seguir mis metas y confiar en mis capacidades.

Mi asesor y maestro, el Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su apoyo constante y su amistad incondicional brindada durante esta etapa.

Ejercer la ingeniería civil sin comprender el concreto es como componer
música sin conocer la armonía.

— *Reflexión del autor, inspirada en Adam M. Neville*

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.1.1. Contextualización.....	1
1.1.2. Descripción del Problema	2
1.1.3. Formulación del Problema (Pregunta General)	4
1.2. Justificación e Importancia	4
1.3. Delimitación de la Investigación.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la Investigación o Marco Referencial.....	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	8
2.1.3. Antecedentes Locales.....	9
2.2. Marco Doctrinal de las Teorías Particulares en el Campo de la Ciencia en la que se Ubica el Objeto de Estudio (Bases Teóricas).....	11
2.2.1. Concreto	11
2.2.2. Cemento	13
2.2.3. Agregados para Concreto	14
2.2.4. Agua para Mezclas de Concreto	20
2.2.5. Aditivos	21

2.2.6. Descripción de Materiales a Utilizar	23
2.2.7. Curado	24
2.3. Marco Conceptual	25
2.3.1. Resistencia a la Compresión a Edades Tempranas	25
2.3.2. Edad del Concreto	25
2.3.3. Aditivo SikaCem Acelerante PE	25
2.4. Definición de Términos Básicos.....	26
CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	29
3.1. Hipótesis.....	29
3.1.1. Hipótesis General.....	29
3.2. Variables o Categorías	29
3.2.1. Variables Independientes.....	29
3.2.2. Variables Dependientes.....	29
3.2.3. Operacionalización/ Categorización de los Componentes de las Hipótesis	30
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	31
4.1. Ubicación Geográfica	31
4.1.2. Ubicación de la Cantera de Agregados.....	32
4.2. Diseño de la Investigación	33
4.3. Métodos de Investigación	33
4.3.1. Tipo de Investigación	33
4.3.2. Nivel de Investigación	34
4.4. Población, Muestra y Unidad de Análisis	34
4.4.1. Población	34
4.4.2. Muestra.....	35
4.4.3. Unidad de Análisis	38
4.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información	38
4.5.1. Instrumentos de Recopilación de Información.....	40
4.6. Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información.....	43
4.6.1. Equipos, Materiales, Insumos, etc.....	46

4.7. Matriz de Consistencia Metodológica	47
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
5.1. Características de los Materiales Componentes del Concreto	48
5.2. Análisis y Discusión de las Características de los Materiales Componentes del Concreto.....	49
5.3. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión para los Grupos de Control y Experimentación de Concreto	50
5.4. Análisis, Interpretación y Discusión de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión	51
5.4.1. Análisis de Varianza de la Resistencia a Compresión.....	52
5.5. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Flexión para los Grupos de Control y Experimentación de Concreto	67
5.6. Análisis, Interpretación y Discusión de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a Flexión.....	68
5.7. Contratación de Hipótesis	70
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÉNDICES	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Límites granulométricos del agregado fino	15
Figura 2 Husos granulométricos del agregado fino	15
Figura 3 Husos granulométricos del agregado grueso.	17
Figura 4 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	18
Figura 5 Cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200.....	20
Figura 6 Ubicación del laboratorio de materiales para la investigación en la ciudad de Cajamarca.	31
Figura 7 Ubicación de la cantera de agregados a emplear en el diseño de mezcla de concreto en la ciudad de Cajamarca.	32
Figura 8 Estándares para el control del concreto para $f'c \leq 35$ MPa.....	45
Figura 9 Resultados promedio de la resistencia a compresión (Kg/cm ²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada edad.....	50
Figura 10 Resultados promedio de la resistencia a compresión (Kg/cm ²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada edad.....	51
Figura 11 Gráfica de intervalos de la resistencia a compresión del concreto patrón	55
Figura 12 Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión del concreto patrón por cada edad.....	56
Figura 13 Gráfica de caja de resistencia a compresión del concreto patrón por edad	56
Figura 14 Gráfica de intervalos de la resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo	59
Figura 15 Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo por cada edad.....	60
Figura 16 Gráfica de caja de resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo, por edad.....	61
Figura 17 Gráfica de intervalos de la resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo	64
Figura 18 Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo por cada edad.....	65
Figura 19 Gráfica de caja de Resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo, por edad.....	65
Figura 20 Resultados promedio de la resistencia a flexión o Módulo de Rotura (Kg/cm ²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada edad	67
Figura 21 Resultados promedio de la resistencia a flexión o Módulo de Rotura (Kg/cm ²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada tipo.....	68

Figura 22 Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso.....	85
Figura 23 Curva de distribución granulométrica para el agregado fino.....	90
Figura 24 Instrumento de recopilación de información para la resistencia a compresión	91
Figura 25 Instrumento de recopilación de información para la resistencia a flexión	92
Figura 26 Fotografía: Cantera de agregados “Hermanos Alaya”	127
Figura 27 Fotografía: Elaboración de diseño de mezcla para concreto $f'c$ 280 Kg/cm ²	127
Figura 28 Fotografía: Elaboración de especímenes de prueba para concreto $f'c$ 280 Kg/cm ²	128
Figura 29 Fotografía: Rotura de especímenes de prueba para concreto $f'c$ 280 Kg/cm ² ...	128
Figura 30 Fotografía: Elaboración del grupo de control y los grupos experimentales de concreto.....	129
Figura 31 Fotografía: Curado de los especímenes de concreto	129
Figura 32 Fotografía: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco	130
Figura 33 Fotografía: Ensayos de granulometría de los agregados	130
Figura 34 Fotografía: Ensayos de peso unitario seco compactado de los agregados	131
Figura 35 Fotografía: Ensayos de peso específico de los agregados.....	131
Figura 36 Fotografía: Ensayos de resistencia a compresión, recolección y toma de datos	132
Figura 37 Fotografía: Ensayos de resistencia a flexión, recolección y toma de datos	133

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterio y tipo de investigación.....	34
Tabla 2 Diseño del cuadro de interacción de variables para la resistencia a compresión....	37
Tabla 3 Diseño del cuadro de interacción de variables para la resistencia a flexión.....	37
Tabla 4 Muestra total de la investigación	38
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	39
Tabla 6 Ensayos para los agregados y normativas correspondientes	39
Tabla 7 Ensayos y Normativas para el concreto.	40
Tabla 8 Propiedades del agregado fino y agregado grueso para el diseño de mezcla de concreto.....	48
Tabla 9 Resultados promedio de la resistencia a compresión e influencia del aditivo en la resistencia según los tratamientos a las diferentes edades.....	50
Tabla 10 Análisis de varianza de la resistencia a compresión del concreto patrón con 0% de aditivo	53
Tabla 11 Medias de la resistencia a compresión del concreto patrón.....	53
Tabla 12 Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%.....	54
Tabla 13 Análisis de varianza de la resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo	57
Tabla 14 Medias de la resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo.....	58
Tabla 15 Información agrupada de la resistencia a compresión para 2.5%, con el método Tukey y una confianza del 95%.	59
Tabla 16 Análisis de varianza de la resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo	62
Tabla 17 Medias de la resistencia a compresión del concreto con 4% de aditivo.....	63
Tabla 18 Información agrupada de la resistencia a compresión para 4.0%, con el método Tukey y una confianza del 95%.	63
Tabla 19 Resultados promedio de la resistencia a flexión e influencia del aditivo en la resistencia para los grupos de control y experimentación del concreto	67
Tabla 20 Diseño de mezcla de prueba para concreto de 280 Kg/cm ²	80
Tabla 21 Resultados % de diseño f'c=280 Kg/Cm ² de especímenes de concreto ensayados a los 7 días	81

LISTA DE ABREVIATURAS

ACI: American Concrete Institute / Instituto Americano del Concreto.

Ap.: Área de la probeta.

ASTM: American Society for Testing and Materials / Sociedad Americana para pruebas y materiales

ANOVA: Análisis de la varianza

Desv. Est.: Desviación estándar.

Ed.: Edición digital.

f'c: Resistencia especificada a la compresión de compresión.

GL: Grados de libertad.

IC: Índice de confianza.

Máx.: Máxima.

MC: Media de los cuadrados

MR: Módulo de Rotura

NTP: Norma técnica peruana.

SC: Suma de cuadrados.

SSS: Saturado superficialmente seco.

T.M.N.: Tamaño máximo nominal.

RESUMEN

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción a nivel mundial debido a su resistencia y durabilidad. No obstante, su buen desempeño depende de condiciones controladas durante su elaboración, colocación y curado. En proyectos con requerimientos de rápido avance o condiciones climáticas desfavorables, como bajas temperaturas, se necesita un fraguado acelerado y el desarrollo de resistencias tempranas. Para ello, se emplean aditivos acelerantes como el SikaCem Acelerante PE, que incrementan la resistencia en los primeros días. Sin embargo, existe incertidumbre sobre su efecto en las resistencias mecánicas a edades posteriores, lo que plantea interrogantes sobre su confiabilidad a mediano y largo plazo. En ese contexto, esta investigación evaluó la influencia del aditivo SikaCem Acelerante PE, en proporciones de 2.50 % y 4.00 %, sobre las resistencias a compresión y flexión del concreto con una resistencia de diseño de $f'c = 280$ kg/cm², analizado a los 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días. Se empleó un diseño experimental cuantitativo, con un grupo de control (sin aditivo) y dos experimentales, utilizando 144 especímenes: 90 probetas cilíndricas y 54 vigas, elaboradas con cemento Pacasmayo Tipo I y agregados de río. Los resultados indicaron que el aditivo influye en más del 1.00% sobre la resistencia solo a los 3 días, pero su efecto fue negativo desde los 7 hasta los 180 días, en comparación con el concreto sin aditivo.

Palabras clave: concreto, aditivo acelerante, edad del concreto, resistencia a compresión, resistencia a flexión

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used materials in construction worldwide due to its strength and durability. However, its proper performance depends on controlled conditions during preparation, placement, and curing. In projects requiring rapid progress or exposed to adverse weather, such as low temperatures, there is a need for accelerated setting and early-age strength development. To meet this demand, accelerating admixtures like SikaCem Acelerante PE are used to enhance strength in the early days of curing. However, uncertainty remains regarding their effect on long-term mechanical performance, raising questions about structural reliability over time. In this context, this study evaluated the influence of the SikaCem Acelerante PE admixture, at dosages of 2.50% and 4.00%, on the compressive and flexural strength of concrete with a design strength of $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, tested at 3, 7, 28, 60, 90, and 180 days. A quantitative experimental design was applied, including one control group (without admixture) and two experimental groups (with different admixture dosages), using 144 specimens: 90 cylindrical samples and 54 beams, prepared with Pacasmayo Type I cement and river aggregates using the fineness modulus combination method. The results indicated that the admixture influenced strength by more than 1.00% only at 3 days, but its effect was negative from 7 to 180 days, compared to concrete without the admixture..

Key words: concrete, accelerating admixture, concrete age, compressive strength, flexural strength

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización

El concreto es el material de construcción más utilizado a nivel global, gracias a su resistencia, durabilidad y versatilidad para moldearse en diversas formas estructurales. Se estima que su consumo supera los 30 mil millones de toneladas por año en el mundo, lo que lo convierte en un componente clave en la infraestructura moderna (Li et al., 2019). Su correcto desempeño, sin embargo, depende de diversos factores, como la adecuada proporción de sus componentes, condiciones ambientales durante su colocación y los tiempos requeridos de fraguado y curado (Koehn y Erdem, 2020). En la práctica, estas condiciones ideales rara vez se cumplen, especialmente en regiones con climas extremos o inestables, como ocurre en diversas zonas del Perú.

En particular, las regiones altoandinas del país, como Cajamarca, presentan un clima frío estacional, con temperaturas por debajo de los 5 °C durante varios días consecutivos entre los meses de junio y agosto, registrándose valores extremos de hasta -3.6 °C (Reyes y Terrel, 2019). Estas condiciones dificultan el proceso de fraguado del concreto, retrasan el curado y, por ende, afectan directamente el avance y la calidad de las obras. Además, existen exigencias técnicas que requieren acelerar la ejecución de elementos prefabricados, postensados, tuberías, pavimentos, losas o sistemas de alcantarillado, para optimizar tiempos y costos en obra (Mora-Ruiz et al., 2020). Esta necesidad ha impulsado la investigación y aplicación de aditivos químicos que mejoren el desempeño temprano del concreto sin comprometer su durabilidad.

Una de estas soluciones es el uso de aditivos químicos, particularmente los acelerantes de fragua, los cuales actúan modificando la hidratación del cemento, acelerando la liberación de calor y el desarrollo de resistencias mecánicas en edades tempranas (González-Torre et al., 2018). Su aplicación resulta eficaz en climas fríos o situaciones que

demandan una rápida habilitación de estructuras. Sin embargo, aunque sus beneficios en los primeros días (3 o 7) están documentados, su efecto a edades mayores como 28, 60, 90 y 180 días no está completamente claro y podría incluso resultar contraproducente para la durabilidad del concreto. Investigaciones recientes destacan la importancia de evaluar la resistencia a compresión y flexión del concreto en edades avanzadas para asegurar su desempeño estructural a largo plazo (Bravo y Palma, 2022).

En Cajamarca, se emplean aditivos acelerantes como el SikaCem Acelerante PE para reducir los tiempos de endurecimiento y mejorar la resistencia inicial. Este aditivo, clasificado según la norma American Society for Testing and Materials [ASTM] C494 Tipo C, es una solución práctica frente a las exigencias de obra rápida y climas adversos. Sin embargo, aunque su efecto en la resistencia temprana está respaldado, hay escasa información sobre su desempeño mecánico a mediano y largo plazo en condiciones locales, lo cual limita la toma de decisiones técnicas fundamentadas para proyectos en la región.

1.1.2. Descripción del Problema

El concreto es un material de construcción con el que se trabaja “con reloj en mano”, ya que, desde la preparación de la mezcla hasta su colocación, fraguado y endurecimiento, cada etapa debe ejecutarse dentro de tiempos controlados para garantizar un adecuado desempeño. No obstante, en la práctica constructiva existen factores externos (bajas temperaturas, restricciones en los plazos de obra o la necesidad de elaborar elementos estructurales prefabricados) que imponen condiciones ajenas a las ideales para su elaboración y curado in situ, exigiendo soluciones técnicas eficientes.

En respuesta a estas limitaciones, el uso de aditivos ha cobrado relevancia. El American Concrete Institute [ACI] (2020) define los aditivos como sustancias que se incorporan al concreto en proporciones menores al 5 % del peso del material cementante, con el fin de modificar o mejorar ciertas propiedades. Dentro de estos, los aditivos acelerantes han demostrado ser especialmente útiles para reducir el tiempo de fraguado y promover el

desarrollo de resistencias tempranas, al aumentar la tasa de hidratación del cemento (Hernández et al., 2019). Esto resulta beneficioso en obras ejecutadas en climas fríos o en aquellas que demandan desencofrados rápidos, como pavimentos, veredas o estructuras con plazos de habilitación reducidos.

Si bien está documentado que estos aditivos incrementan la resistencia a compresión en edades tempranas (3 o 7 días), su efecto sobre propiedades mecánicas como la compresión y la flexión en edades superiores a los 28 días aún no está suficientemente esclarecido. Esta información es crucial, ya que estructuras como losas, vigas o elementos sometidos a flexión también requieren un desempeño adecuado del módulo de rotura. A pesar de que ambas propiedades están vinculadas, su evolución no es necesariamente paralela, dependiendo de factores como la dosificación, el curado o el tipo y cantidad de aditivo empleado.

Investigaciones recientes (Bravo y Palma, 2022; Hernández et al., 2019) evidencian que el concreto continúa desarrollando resistencia más allá de los 28 días, con incrementos de entre 15 % y 30 % a los 90 o 180 días. Sin embargo, los fabricantes de aditivos no suelen proporcionar información detallada sobre el comportamiento del concreto con aditivos acelerantes en esas etapas. Esta falta de datos genera incertidumbre técnica en proyectos donde la durabilidad y el comportamiento mecánico del concreto en el mediano y largo plazo son esenciales.

Frente a esta problemática, la presente investigación se propuso analizar la influencia del aditivo SikaCem Acelerante PE, en proporciones de 2,50 % y 4,00 %, sobre la resistencia a compresión y a flexión del concreto con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con cemento Tipo I y evaluado a edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

Los factores que se identifican en esta problemática son; aditivos acelerantes, edad del concreto y resistencias mecánicas del concreto.

1.1.3. Formulación del Problema (Pregunta General)

¿Cuál es la influencia del aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en las resistencias mecánicas de concreto de 280 Kg/cm², para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días)?

1.2. Justificación e Importancia

La investigación se justifica a **nivel científico** porque profundiza conocimientos en cuanto al uso y la influencia de los aditivos acelerantes en el diseño de concretos usando cemento tipo I, que son parte de la tecnología y materiales de construcción y como tal parte de la innovación científica y tecnológica del concreto en el Perú y el mundo.

Esta investigación se justifica a **nivel técnico-práctico** porque brinda mayor información en cuanto al uso de aditivos acelerantes de fragua en el concreto en distintas proporciones, específicamente su influencia en el desarrollo de la resistencia a compresión y del módulo de rotura o resistencia a flexión, estudiando desde edades tempranas hasta edades de 6 meses. De provecho en diseño de mezclas para estructuras como pavimentos, alcantarillas, buzones, veredas y elementos estructurales de concreto en general, que demanden de un fraguado acelerado y altas resistencias en edades tempranas.

Esta investigación permite a estudiantes, profesionales, investigadores, empresas, instituciones y a la población en general a conocer más sobre el uso de aditivos acelerantes y su influencia en concreto elaborado con cemento tipo I, así mismo complementar la información técnica sobre la influencia de los aditivos acelerantes en diferentes edades del concreto, considerando rangos de edad tanto inferiores como superiores a los 28 días.

La investigación se justifica **institucionalmente** porque la Universidad Nacional de Cajamarca y su Escuela de Posgrado, a través de esta investigación realizada por el alumno maestrista, se proyecta hacia la comunidad brindando mayor información científica en el área de tecnología de materiales de construcción, contribuyendo a la investigación y a la sociedad en el desarrollo del rubro de la construcción y la ingeniería en la ciudad, la región y el país.

Y se justifica **personalmente** porque esta investigación desarrollada por el alumno maestrista, permitirá profundizar su conocimiento y especialización en el área de tecnología de materiales de construcción, específicamente en el diseño de mezclas de concreto y el uso de aditivos; así también esta investigación permitirá al alumno maestrista obtener el grado académico de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería y Gerencia de la Construcción.

1.3. Delimitación de la Investigación

En esta investigación se analizó concreto elaborado con cemento Tipo I, diseñado tanto con como sin aditivo acelerante, para alcanzar una resistencia de 280 kg/cm². Se utilizaron agregados de río provenientes de la cantera "Hermanos Alaya", los cuales cumplen con los requisitos establecidos en las normas técnicas vigentes. Como aditivo acelerante se empleó el SikaCem Acelerante PE, clasificado como Tipo C según la norma ASTM C494, seleccionado por su amplia disponibilidad en el mercado regional y nacional, así como por ser un producto libre de cloruros, adecuado para su uso en estructuras de concreto armado.

Las proporciones de las mezclas de concreto, tanto para los grupos de control como para los grupos experimentales, fueron determinadas mediante el método del módulo de finura de combinación de agregados, con un diseño orientado a alcanzar una resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. En los grupos experimentales, las dosis del aditivo se establecieron como porcentajes del peso del cemento, dentro del rango especificado en la hoja técnica del producto (2,50 % y 4,00 %). Las resistencias mecánicas del concreto (compresión y flexión) fueron evaluadas en el laboratorio de ensayos de materiales únicamente a las edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

El cemento utilizado en esta investigación es de Tipo I, fabricado por la empresa Cementos Pacasmayo. Según su ficha técnica informativa (Apéndice G), este desarrolla altas resistencias iniciales y destaca también que en el diseño correcto del concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado; atributos o ventajas que ofrecen también los aditivos Tipo C, según la norma ASTM C494, en un correcto diseño y mezcla del concreto. Esta delimitación

constituye un marco esencial que debe considerarse para evitar interpretaciones erróneas de los resultados y conclusiones obtenidos en esta investigación.

Los especímenes de concreto, muestras de este estudio, se curaron bajo agua durante únicamente 28 días, a excepción de las muestras que se ensayaron a edades tempranas, inferiores a 28 días.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la influencia del aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en las resistencias mecánicas de concreto de $f'c$ 280 Kg/cm², para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días).

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm², en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm² elaborado con aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en proporciones de 2,50% y 4,00%, en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

Determinar la resistencia a flexión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm², en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

Determinar la resistencia a flexión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm² elaborado con aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en proporciones de 2,50% y 4,00%, en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

Comparar las resistencias mecánicas de los concretos elaborados con y sin uso de aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE, para las edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación o Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Zhang, Y., Li, W., y Wang, K. (2021), en su artículo científico titulado “Effect of accelerating admixtures on early-age strength and long-term performance of concrete in cold weather conditions”, evaluaron el uso de diferentes aditivos acelerantes en concreto expuesto a temperaturas inferiores a 5 °C. Se concluyó que, si bien los acelerantes mejoran notablemente la resistencia a compresión a 3 y 7 días, algunos presentan un estancamiento o incluso reducción relativa de resistencia después de los 28 días, dependiendo de su composición química. Esto refuerza la necesidad de evaluar el desempeño del concreto con acelerantes más allá de los 28 días, especialmente en zonas frías como Cajamarca.

Alhozaimy, A., Fares, G., y Al-Negheimish, A. (2020), en su artículo científico titulado “Performance of concrete with set-accelerating admixtures under different curing regimes”, realizado en Arabia Saudita, analizaron concretos con aditivos acelerantes tipo C bajo distintos regímenes de curado (frío, templado y controlado). Los autores encontraron que, si bien los acelerantes permiten una ganancia rápida de resistencia inicial, su efecto a edades de 90 y 180 días depende del tipo y la dosis del aditivo. Esto respalda la hipótesis de que el desempeño del concreto con acelerantes a largo plazo no es uniforme y debe evaluarse con distintas condiciones de curado y/o edades del concreto.

Kwak, Y. H., y Lee, H. J. (2019), en su artículo científico titulado “Influence of admixture type and dosage on compressive and flexural strength development in cold-weather concreting”, llevado a cabo en Corea del Sur, este estudio exploró la resistencia a compresión y módulo de rotura en concretos modificados con aditivos acelerantes y sujetos a curado en temperaturas bajas. Se identificó una mejora temprana significativa en ambas propiedades, pero con variaciones notables en la evolución del módulo de rotura después de los 28 días.

Esto aporta evidencia relevante sobre la relación no lineal entre compresión y flexión con aditivos acelerantes en el tiempo.

Safiuddin, M., y Hearn, N. (2018), y su artículo científico titulado “Effect of chemical admixtures on the long-term strength development of concrete in cold climates”, en este estudio canadiense se centró en la durabilidad y desarrollo de resistencia a largo plazo del concreto con aditivos acelerantes en climas fríos. Los resultados mostraron que la resistencia a compresión y flexión puede seguir aumentando hasta los 180 días, pero depende críticamente del tipo de cemento y la compatibilidad del aditivo. A partir de sus resultados se refuerza la necesidad de estudiar el comportamiento mecánico en concreto modificado con aditivos más allá de los parámetros estándar de 28 días.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gómez, Saldaña y Hilmer (2019), en el artículo científico titulado “Influencia de tres aditivos acelerantes en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $f'c=175$ Kg/cm² y 210 Kg/cm²”, determinan en su estudio realizado en la ciudad de Chachapoyas, que al emplear aditivo acelerante se logra aumentar la resistencia inicial; en este estudio emplearon 3 aditivos acelerantes de diferente fabricante en proporción de 2,5 %, 3 % y 3,5 % respecto al volumen de la bolsa de cemento, luego se realizó la rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días de edad. La mayor influencia de los aditivos se obtuvo a los 7 días, alcanzando valores cercanos a la resistencia de diseño. La máxima resistencia a la compresión del concreto se obtuvo a los 28 días en las probetas que fueron elaboradas con 3,5 % de aditivo.

Arenas Condori, J. T. (2022), en su tesis titulada “Análisis de la influencia de acelerantes de fragua y resistencia en las propiedades mecánicas del concreto convencional, Puno 2022”, evaluó el efecto de los aditivos acelerantes SikaCem y Chema 3 en las resistencias a compresión y tracción del concreto convencional ($f'c = 210$ kg/cm²) en el distrito de Azángaro, Puno. Se elaboraron 108 especímenes con dosificaciones de 1%, 2%, 3% y 4% del peso del cemento, utilizando cemento tipo IP y agregados locales. Los resultados

indicaron que, a los 7 días, la adición de SikaCem incrementó la resistencia a la compresión y tracción hasta en un 27.04% y 30.15%, respectivamente, mientras que Chema 3 logró incrementos de hasta 34.92% y 35.36%. A los 28 días, los incrementos fueron menores, pero aún significativos. Proporciona evidencia empírica sobre la eficacia de aditivos acelerantes en mejorar las propiedades mecánicas del concreto en regiones altoandinas del Perú, similares a Cajamarca.

Cueva Camaque, D. D., y Miñano Salazar, D. J. (2024), en su tesis titulada “Influencia del tipo de acelerante en la pérdida de trabajabilidad, resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de un concreto convencional, Trujillo 2023”, en el que se analizó la influencia de tres acelerantes (SikaCem Acelerante PE, Chema Struct y Z Fragua #3) en la trabajabilidad, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión de un concreto convencional de 210 kg/cm². Se observó que el uso de acelerantes mejoró la resistencia a la compresión y redujo el tiempo de fraguado, siendo el SikaCem Acelerante PE el más efectivo. Esto proporciona datos relevantes sobre el rendimiento de diferentes aditivos acelerantes en condiciones peruanas, lo que es útil para comparar con el contexto de Cajamarca.

2.1.3. Antecedentes Locales

Vargas (2021) en su tesis realizada en la ciudad de Cajamarca, titulada “Estudio comparativo de la resistencia a compresión a edades tempranas de un concreto $f'c = 300$ Kg/cm², modificado con aditivo Sika Cem Acelerante Pe – Cajamarca 2018”, evaluó la influencia del aditivo SikaCem Acelerante Pe en dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 4% sobre la resistencia a compresión en edades de 3, 5 y 7 días, usando cemento Tipo I, concluyendo que el mayor aumento en la resistencia del concreto se registró para la edad de 3 días y con la dosificación de 4%, similar a la resistencia que alcanza el concreto patrón sin aditivo acelerante a los 7 días; se registró un aumento de la resistencia en las 3 edades y para las 3 dosificaciones de aditivo respecto del concreto patrón, siendo 4% la dosificación con mayor influencia pero también la más costosa acorde a su análisis hecho del costo por metro cúbico.

Villar (2021) en su tesis hecha en la ciudad de Cajamarca, titulada “Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sikacem Acelerante PE utilizando cementos WP - Wang Peng y Patrón, Cajamarca 2021”. Tuvo como objetivo la determinación de la influencia del Sikacem Acelerante PE en proporciones de 1.5%, 2.5% y 4% usando cementos WP y Patrón en la resistencia a compresión, en edades de 7, 14 y 28 días. Como parte de sus resultados se destaca que a los 28 días el concreto elaborado concreto patrón, muestra un incremento en la resistencia usando aditivo al 1.50%, mientras que usando 2.50%, y el 4% hay una disminución en la resistencia obtenida; mientras que, para los 7 días, se identifica mejoras en la resistencia para las 3 dosificaciones de aditivo acelerante, al igual que a los 14 días, ya sea en el concreto elaborado con cemento patrón Tipo I o el cemento Wang Peng empleado en dicha tesis.

Abanto y Olivera (2021) en su tesis hecha en la ciudad de Cajamarca, titulada “Análisis comparativo del uso de aditivos químicos, orgánicos e inorgánicos para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Cajamarca 2021”. Tuvieron como objetivo comparar el uso de aditivos químicos, orgánicos e inorgánicos sobre la resistencia a compresión del concreto, se estudiaron 50 investigaciones. Usaron como instrumentos fichas de resumen y fichas de recolección, registrando datos generales y la resistencia a la compresión del concreto con el uso de aditivos y su dosis empleada. Como parte de los resultados de esta investigación se destaca que el 92.31% de los aditivos químicos superan su resistencia patrón, el 97.80% de estos aditivos superan la resistencia de diseño. Y se resalta que a los 7 días de edad para una dosis de 1.00% registra un incremento en la resistencia respecto al concreto patrón de 19.80%, al 1.50% de 31.47% y al 2.00% de 45.98%; mientras que para los 28 días de edad para una dosis de 1.00% registra un incremento en la resistencia respecto al concreto patrón de 7.04%, al 1.50% de 19.12% y al 2.00% de 20.69%.

2.2. Marco Doctrinal de las Teorías Particulares en el Campo de la Ciencia en la que se Ubica el Objeto de Estudio (Bases Teóricas)

2.2.1. Concreto

El concreto es un material de naturaleza compuesta y artificial, constituido por una pasta aglutinante en la cual se encuentran incorporadas partículas de agregados.

Según Neville y Brooks (2010), puede definirse como una masa elaborada a partir de un agente cementante, usualmente producto de la reacción entre el cemento hidráulico y el agua. No obstante, en la actualidad esta definición se ha ampliado, ya que el concreto puede fabricarse con diversos tipos de cementos y la incorporación de adiciones minerales y químicas, tales como puzolanas, cenizas volantes, escorias de alto horno, microsílice, aditivos y agregados reciclados.”.

2.2.1.1. Resistencia a Compresión. Esta propiedad es la más representativa del concreto, se define como la capacidad de carga del concreto a una edad determinada y “se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente, este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto elaborado de los diversos proyectos que incluyan concreto” (Bernal, 2017).

La preparación de los especímenes y la ejecución de los ensayos se encuentran normados por la NTP 339.034. La resistencia a la compresión se determina dividiendo la carga máxima de falla entre el área de la sección transversal sometida al esfuerzo. Para las pruebas de aceptación, los cilindros empleados deben tener dimensiones de 6" x 12" (150 x 300 mm). A fin de garantizar una aplicación uniforme de la carga, es común utilizar el capeado con mortero de azufre (ASTM C-617) o el uso de almohadillas de neopreno (ASTM C-1231).

“En la prueba de resistencia a la compresión se debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, identificación de la probeta,

diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura y todo defecto que presenten los cilindros” (Bernal, 2017).

2.2.1.2. Resistencia a Flexión. “Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. La resistencia a la flexión es un factor determinante de la calidad del concreto para pavimentos, por el paso de vehículos y por la diferencia de temperatura un lado a otro de la losa” (Masías, 2018).

En el diseño de pavimentos de concreto, la resistencia a la flexión se expresa como módulo de rotura (MR), reportado en MPa o en kg/cm². Su determinación se efectúa siguiendo los procedimientos de ensayo establecidos en la NTP 339.078 y ASTM C78, que aplican la carga en los tercios del claro, o en la NTP 339.079 y ASTM C293, que la aplican en el punto medio. Para el presente estudio se adopta este último método.

También se afirma lo siguiente:

El Módulo de Rotura oscila entre un 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado. El Módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

Las vigas probetas deben ser fabricadas adecuadamente en el campo y en el laboratorio. Las mezclas para pavimentos de concreto son secas, con asentamiento (revenimiento) de ½ a 2 ½ pulgadas (1.25 a 6.25 cm), se consolidan por vibración de acuerdo con la norma ASTM C31 y se golpean los laterales para liberar las burbujas de aire (Giraldo, 2019)

2.2.1.3. Edad del Concreto. La edad del concreto se define como el tiempo transcurrido desde el mezclado hasta el momento de evaluación de sus propiedades, siendo 28 días la edad estándar para determinar su resistencia a compresión (ASTM, 2020). Cabe decir entonces que a partir del fraguado final del concreto es cuando el concreto comienza a

adquirir significativamente la resistencia a compresión, considerando esta como edad del concreto. A lo que Neville (2011) confiere a esta definición de que el concreto incrementará su resistencia siempre que haya suficiente humedad para que continúe la hidratación del cemento; además de que la tasa de resistencia de ganancia es rápida en los primeros días (especialmente durante los primeros 7 días) y se ralentiza después de los 28 días.

En las investigaciones realizadas por Asocreto (2010), se afirma que “para concretos convencionales se especifica que puede alcanzar la resistencia de diseño a los 28 días. La explicación es que después de dicho tiempo el aumento de resistencia es muy poco. Sin embargo, para concretos de alta resistencia se especifica a los 56 o 90 días, porque el aumento después de los 28 días es considerable”, para esta tesis se ha considerado el diseño de un concreto con $f'c$ 280 Kg/cm² el cual ya tiene una resistencia alta para concretos normales.

2.2.2. Cemento

Se define como cementos a “los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos” (Rivva, 2014).

2.2.2.1. Cemento a Utilizar en la Investigación. El cemento Portland es “el nombre que se le da al cemento obtenido mezclando íntimamente rocas calcáreas y arcillas, sílice, aluminicos y materiales que contienen óxido de hierro, quemándolos a una temperatura de Clinker y finalmente moliendo este Clinker resultante” (Neville y Brooks, 2010).

El cemento Portland ordinario está sujeto al cumplimiento de los requisitos estipulados por la norma ASTM C150 en sus tipos I, II y V, fabricados en el territorio peruano. De forma complementaria, es posible emplear las disposiciones equivalentes contempladas en las Normas Técnicas Peruanas aplicables. En la actualidad se fabrican en el Perú los cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP, Tipo IPM, IS, y ISM (Rivva, 2014).

El cemento Pacasmayo portland normal Tipo I es el que se usará en este estudio, se empleará en todos aquellos casos en que no se requieren en el concreto las propiedades especiales especificadas para los otros Tipos. Cumple con los requisitos de las Normas ASTM C 150 ó NTP 334 039.

2.2.3. Agregados para Concreto

Se denomina agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de procedencia natural o artificial, cuyas dimensiones se encuentran dentro de los rangos establecidos por la NTP 400.011. En el concreto, los agregados constituyen la fase discontinua, ya que se encuentran embebidos en la pasta cementante y llegan a representar entre el 62 % y el 78 % del volumen total de una unidad cúbica.

“Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de éste, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología” (Rivva, 2014).

2.2.3.1. Agregado Fino. Según lo dispuesto en la NTP 400.011, se clasifica como agregado fino al material resultante de la desintegración natural o artificial de rocas, cuyas partículas atraviesan el tamiz de 9,51 mm (3/8”) y se retienen en el de 0,074 mm (N° 200). Además, este tipo de agregado debe satisfacer los requisitos granulométricos definidos en la NTP 400.037 o en la norma ASTM C33, lo cual se ilustra en la Figura 1.

“El contenido de agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes” (Bernal, 2017).

Para la selección del agregado se exige una granulometría continua, con porcentajes de material retenido en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 correspondientes a la serie Tyler. De igual modo, se especifica que en ningún caso podrá acumularse más del 45 % del material en dos tamices consecutivos.

Figura 1

Límites granulométricos del agregado fino

Tamiz (NTP 334.170 o ASTM E11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm (³ / ₈ pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μm (No. 30)	25 a 60
300 μm (No. 50)	05 a 30
150 μm (No. 100)	0 a 10
75 μm (No. 200)	0 a 3,0 ^{A,B}

^A Para concreto no sujeto a la abrasión, el límite para el material más fino que el tamiz 75 μm (No. 200) debe ser máximo 5 % .

^B Para agregado fino manufacturado, si el material más fino que el tamiz 75 μm (No. 200) consiste en polvo de trituración, libre de arcilla o esquistos, este límite debe ser máximo 5 % para concreto sujeto a la abrasión y máximo 7% para concreto no sujeto a la abrasión.

Nota. Reproducido de *NTP 400.037: Agregados. Requisitos* (2021), por Instituto Nacional de Calidad [INACAL], basado en ASTM C33. © 2021 INACAL.

El agregado fino deberá estar libre de materia orgánica, acorde a los requisitos de la NTP 400.013. La granulometría deberá corresponder a la gradación C, según la Figura 2.

Figura 2

Husos granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje en masa que pasa			
	Límites totales	C	M	F
9,5 mm	100	100	100	100
4,75 mm	89 - 100	95 - 100	85 - 100	89 - 100
2,36 mm	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
1,18 mm	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
600 μm	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
300 μm	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
150 μm	0 - 12	2 - 10	0 - 12	0 - 12*
75 μm		0 - 3,0		

* Incrementar a 15 % para agregado manufacturado, excepto cuando se use para pavimentos rígidos de alta resistencia.

Nota. Reproducido de *NTP 400.037: Agregados. Requisitos* (2014), por Instituto Nacional de Calidad (INACAL), basado en ASTM C33. © 2014 INACAL.

2.2.3.2. Agregado Grueso. La NTP 400.011 establece que se considera agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4 (4,75 mm), cumpliendo con los límites especificados en la NTP 400.037. Este agregado puede estar compuesto por grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos, tanto naturales como artificiales, y debe satisfacer los siguientes criterios:

- Las partículas deben ser limpias, duras, compactas y resistentes, de perfil preferentemente angular y textura rugosa.

- Además, deben ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.

Según la NTP 400.037, se recomienda que la granulometría sea continua, que no más del 5 % del material quede retenido en la malla 1 1/2" ni más del 6 % pase la malla 1/4", asegurando que el agregado grueso se encuentre dentro de los límites de graduación establecidos.

Los husos granulométricos del agregado grueso acorde a la NTP se visualizan en la Figura 3.

Figura 3

Husos granulométricos del agregado grueso.

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

Nota. Reproducido de NTP 400.037: Agregados. Requisitos (2021), por Instituto Nacional de Calidad, basado en ASTM C33. © 2021 INACAL.

2.2.3.3. Características Físicas de los Agregados para Concreto

2.2.3.3.1. Peso Específico. “Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es sólido se considera un volumen de la porción impermeable” (NTP 400.021, 2021).

2.2.3.3.2. Absorción. Se define como absorción la capacidad de los agregados para llenar con agua los vacíos permeables presentes en su estructura interna al ser sumergidos durante 24 horas. La proporción del aumento de peso de una muestra seca, expresada en porcentaje, se denomina porcentaje de absorción. Esta particularidad de los agregados, que depende de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. (NTP 400.021, 2021).

2.2.3.3.3. Análisis Granulométrico. La granulometría corresponde al análisis de la forma y tamaño de las partículas que conforman un agregado. La cantidad mínima de material a emplear se determinará conforme a lo establecido en la NTP 400.012 para el agregado fino y, para el agregado grueso, según lo indicado en la Figura 4.

Figura 4

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Nota. Reproducido de NTP 400.012: *Concreto. Terminología* (2018), por Instituto Nacional de Calidad (INACAL). © 2018 INACAL.

2.2.3.3.4. Módulo de finura. Es “el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas en un agregado así mismo el módulo de finura puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que representa la distribución de las partículas. Es preciso mencionar que el módulo de finura está en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado; por lo que la demanda de agua por área superficial será menor mientras mayor sea el módulo de finura” (NTP 400.01, 2008).

2.2.3.3.5. Tamaño máximo. “Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15 %, o más del agregado tamizado” NTP 400.01 (2008).

2.2.3.3.6. Tamaño máximo nominal. Se define como “el tamiz más pequeño que produce el primer retenido” (NTP 400.01, 2008).

2.2.3.3.7. Peso Unitario. “Es el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas en un agregado así mismo el módulo de finura puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que representa la distribución de las partículas. Es preciso mencionar que el módulo de finura está en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado; por lo que la demanda de agua por área superficial será menor mientras mayor sea el módulo de finura” (NTP 400.01, 2008).

2.2.3.3.8. Contenido de Humedad. Es la cantidad de agua que “contiene el agregado en un momento dado, el contenido de humedad es una de las propiedades físicas del agregado que no se encuentra limitada en especificaciones, sin embargo, podemos manifestar, que, en los agregados finos, el contenido de humedad puede llegar a representar un 8% a más, mientras que en el agregado grueso dicho contenido de humedad, puede representar un 4%” (NTP 339.185, 2013).

2.2.3.3.9. Material más Fino que el Tamiz N°200. Los materiales más finos que el tamiz N°200 son considerados nocivos, ya que su presencia en los agregados puede afectar negativamente las propiedades fundamentales del concreto, tanto en la fase de mezcla como

en su comportamiento posterior. La cantidad aceptable de este material se detalla en la tabla de la Figura 5.

Figura 5

Cantidad de material necesario para el ensayo de material más fino que el tamiz N°200.

Tamaño máximo nominal del agregado^A	Cantidad mínima, g
4,75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4,75 mm (No.4) a 9,5 mm (3/8 pulg)	1 000
Mayor que 9,5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2 500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5 000

^A basado en el tamaño del tamiz de acuerdo a la NTP 350.001

Nota. Reproducido de *NTP 400.018: Concreto. Preparación y curado de especímenes para ensayos* (2013), por Instituto Nacional de Calidad (INACAL). © 2013 INACAL.

2.2.4. Agua para Mezclas de Concreto

Para la preparación del concreto, el agua debe ser apta para consumo humano y no contener sustancias perjudiciales como aceites, ácidos, elementos alcalinos o materia orgánica. Esta condición se establece en la NTP 339.088 (2014).

2.2.4.1. Agua de Mezclado. El agua de mezclado del concreto debe cumplir varias funciones esenciales:

- Reaccionar con el cemento, facilitando su proceso de hidratación.
- Actuar como lubricante, mejorando la trabajabilidad de la mezcla.
- Garantizar el espacio necesario en la pasta para el desarrollo adecuado de los productos de hidratación.

Para lograr la hidratación completa del cemento, se requiere que entre el 22 % y el 25 % del agua de mezclado participe en esta reacción, conforme a lo indicado en la NTP 339.088 (2014).

2.2.4.2. Agua de curado. “El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras” (Bernal, 2017).

2.2.5. Aditivos

Los aditivos son productos que se incorporan en pequeñas cantidades al concreto durante el mezclado, generalmente entre el 0,1 % y el 5 % de la masa o peso del cemento, dependiendo del tipo de aditivo y del efecto deseado. Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.086, los aditivos son sustancias añadidas a los componentes principales del concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades. Su incorporación en la mezcla tiene diversos objetivos, entre los que destacan:

- Modificar una o varias propiedades del concreto para adecuarlo al tipo de trabajo requerido.
- Mejorar la trabajabilidad, facilitando su colocación.
- Optimizar el rendimiento durante la elaboración, transporte y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados mediante ajustes en la composición o proporciones de la mezcla.

2.2.5.1. Aditivos Acelerantes. Los aditivos acelerantes son aquellos cuya función principal es reducir o adelantar el tiempo de fraguado del cemento. La utilización del

acelerante de fraguado está principalmente indicada en aquellos concretos donde es necesario tener resistencias elevadas a temprana edad.

2.2.5.2. Aditivo a Utilizar en la Investigación

2.2.5.2.1. SikaCem Acelerante PE. Aditivo líquido de acción acelerante sobre tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del concreto. El SikaCem® Acelerante PE reduce los tiempos de desencofrado, se obtienen resistencias más altas a temprana edad, pronto uso de estructuras nuevas y aumenta los rendimientos en la elaboración de prefabricados. Cumple con las normas ASTM C-494 Tipo C. Este aditivo es libre de cloruros, lo cual indica que su reacción es favorable con el Cemento Portland Tipo I, además de que el concreto dosificado con este aditivo puede ser usado en estructuras de concreto armado; al ser libre de cloruros se evitan reacciones químicas adversas, como la corrosión del acero producto del aditivo en el concreto. La dosificación recomendada de este aditivo está en el rango de 1.00 a 4.00% del peso del cemento. Según su ficha técnica informativa estas son las ventajas y desventajas de usar el aditivo en el concreto:

Ventajas del aditivo:

- Reducción de tiempos de desencofrado: Permite una rápida puesta en uso de las estructuras, optimizando los plazos de ejecución.
- Incremento de resistencias a temprana edad: Contribuye al desarrollo acelerado de la resistencia del concreto, mejorando la calidad estructural en etapas iniciales.
- Contrarresta el efecto del frío: Mitiga los efectos adversos de bajas temperaturas sobre el fraguado y la resistencia del concreto.
- Aumento de rendimientos en prefabricados: Optimiza la producción de elementos prefabricados, reduciendo tiempos de ciclo.
- Cumplimiento de normas: Cumple con la norma ASTM C494, tipo C, garantizando su idoneidad para aplicaciones específicas.

Desventajas del aditivo:

- Variabilidad en el desempeño: El efecto del aditivo puede variar dependiendo del tipo y la edad del cemento, así como de la temperatura ambiente, lo que requiere ensayos previos para determinar la dosificación óptima.
- Requiere almacenamiento adecuado: Debe almacenarse en un lugar fresco y bajo techo, en su envase original bien cerrado, con una vida útil de 1 año.
- Dosificación precisa: La dosificación debe ajustarse entre el 1% y el 4% del peso del cemento, lo que implica un control riguroso durante la preparación de la mezcla.

2.2.6. Descripción de Materiales a Utilizar

2.2.6.1. Equipo Menor. Comprende todas las herramientas ligeras utilizadas para la preparación y ensayo de las probetas. Este conjunto incluye cuchara de albañil, guantes, cinta métrica, espátulas, palas, así como la barra compactadora de acero cilíndrica, con un diámetro de 1,6 cm, longitud de 60 cm y punta semiesférica de 0,8 cm de radio.

2.2.6.2. Cono de Abrams. Se define como un molde troncocónico rígido de material metálico, abierto por ambos extremos, con un espesor mínimo de 0,15 cm. Presenta un diámetro de 20 cm en la base mayor, 10 cm en la base menor y una altura de 30 cm. Las bases deben permanecer paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. Para la realización del ensayo, se requiere una plancha metálica de material similar al del cono, cuya superficie debe ser lo suficientemente amplia para cubrir la base inferior del molde, cumpliendo además la función de evitar la filtración de agua entre la plancha y el cono..

2.2.6.3. Moldes Cilíndricos. Se trata de moldes fabricados en un material rígido, como el acero, con superficie interior lisa, no absorbente y que no reacciona químicamente con el concreto. Están equipados con una base metálica del mismo material que las paredes, permitiendo un cierre hermético, y cuentan con asas laterales para facilitar su manipulación.

Las dimensiones del molde son de 15.24 cm (6 pulgadas) de diámetro y 30.48 cm (12 pulgadas) de altura.

2.2.6.4. Moldes Rectangulares. Se fabrican a partir de materiales rígidos como el acero, con superficie interior lisa, no absorbente y que no presenta reacción con el concreto. Cuentan con una base metálica del mismo material que las paredes, garantizando un cierre hermético. Las dimensiones de los moldes se establecen conforme a la NTP 339.078 (2017), correspondiente al método de ensayo para evaluar la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas con carga aplicada en los tercios del tramo. La norma indica que la luz libre entre apoyos debe equivaler a tres veces la altura de la viga, con una tolerancia del 2 %. En consecuencia, las dimensiones del molde serán 15.00 cm de largo, 15.00 cm de ancho y 45.00 cm de altura.

2.2.6.5. Equipos Mayores. Se considera equipo mayor la máquina universal de ensayo a compresión, utilizada para evaluar la resistencia a la compresión del concreto mediante la rotura de especímenes sometidos a carga axial. Esta máquina puede adaptarse según las especificaciones de la NTP 339.078 (2017) para la realización del ensayo de flexión.

2.2.7. Curado

2.2.7.1. Almacenamiento. Se recomienda que los especímenes de concreto sean preparados en el mismo lugar donde se llevará a cabo su curado. Una vez finalizada la elaboración, deben ser ubicados en un almacén adecuado, donde recibirán el curado inicial antes de su almacenamiento posterior.

2.2.7.2. Curado Inicial. Inmediatamente después de moldeados y acabados los especímenes deben de ser colocados por un periodo de hasta 48 horas en un rango de temperatura de 16°C a 27°C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes (Bernal, 2017).

2.2.7.3. Curado Final. Una vez concluido el curado inicial y en un plazo máximo de 30 minutos después de retirar los moldes, los especímenes deben recibir el curado final, asegurando la presencia constante de agua sobre su superficie a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, empleando agua conforme a la NTP 334.077.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Resistencia a la Compresión a Edades Tempranas

La NTE E.060 de Concreto Armado (2020) considera que las probetas de concreto deben ensayarse a los 28 días, lo cual se considera como edad a la que el concreto prácticamente alcanza su $f'c$ de diseño; considerando este criterio, consideramos como resistencia a la compresión a edades tempranas al ensayo de las probetas de concreto en un tiempo de curado menor a los 28 días.

2.3.2. Edad del Concreto

Se considera como edad del concreto, al tiempo transcurrido desde que el concreto culmina su tiempo de fraguado inicial, es decir, este pasa de estado fresco a un estado endurecido, a partir del cual necesitará curado superficial hasta los 28 días recomendablemente. Usualmente la resistencia a la compresión en el concreto convencional, elaborado en condiciones normales y para uso general, incrementa junto con el paso de los días.

2.3.3. Aditivo SikaCem Acelerante PE

Es un aditivo químico, este es líquido y de acción acelerante sobre tiempo de fraguado y las resistencias mecánicas del concreto. El uso de este aditivo en el concreto reduce los tiempos de desencofrado, permitiendo un pronto uso de estructuras nuevas y aumentando los rendimientos en la elaboración de prefabricados. Cumple con las normas ASTM C-494 Tipo C.

2.4. Definición de Términos Básicos

Absorción: El proceso por el cual un líquido es aspirado y tiende a llenar los poros permeables de un cuerpo sólido poroso; también, el aumento de masa de un cuerpo sólido poroso resultante de la penetración de un líquido en los poros permeables (ASTM C-125, 2015).

Aditivos: Material que se incorpora al cemento en cantidades limitadas durante la fabricación, ya sea como “aditivo de proceso” para ayudar en la fabricación o manipulación del cemento o como una “aditivo funcional” para modificar las propiedades del producto final (NTP 334.001, 2011).

Aditivo acelerante: Aditivo que acelera el fraguado y desarrolla una rápida resistencia inicial del mortero y hormigón o concreto (NTP 334.001, 2011).

Agregados: Material granular, como arena, grava, piedra triturada, o escoria de alto horno de hierro, usada con un cemento para formar hormigón o mortero de cemento hidráulico (ASTM C-125, 2015).

Agregado fino: Material resultante de la desintegración natural o artificial de rocas, que pasa a través del tamiz de 9,51 mm (3/8”) y se retiene en el tamiz de 0,074 mm (N°200).

Agregado grueso: Se considera agregado grueso al material que queda retenido en el tamiz N°4 (4,75 mm), pudiendo consistir en grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos de origen natural o artificial (ASTM C-125, 2015).

Agua de mezclado: El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, esta forma el componente gel junto al cemento, el agua debe estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares, tampoco deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre las propiedades del concreto o los elementos embebidos en este (Rivva, 2014).

Análisis granulométrico: Ensayo cuya finalidad es determinar la distribución de las partículas por tamaño presentes en una muestra de agregado.

Calor de hidratación: Cantidad de calor producido durante los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento debido a las reacciones fisicoquímicas en contacto (NTP 334.001, 2011).

Cantera: Lugar donde se extraen los agregados para el concreto.

Cemento Portland: Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda (NTP 334.001, 2011).

Clima frío: Se considera clima frío para el concreto, si la temperatura ambiental media es inferior a 5°C (ACI 306R – 10).

Concreto: Material compuesto que consiste esencialmente en un medio aglutinante dentro del cual se encuentran incrustadas partículas o fragmentos de agregado; en el hormigón de cemento hidráulico, el aglutinante se forma a partir de una mezcla de cemento hidráulico y agua (ASTM C-125, 2015).

Consistencia: Es la facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o capacidad de fluir (ASTM C-125, 2015).

Curado de probetas de concreto: Es la acción de mantener todas las superficies del espécimen completamente cubiertas con agua durante el periodo requerido para su desarrollo adecuado.

Diseño de mezcla de concreto: Se define como el proceso mediante el cual se determinan las proporciones óptimas de los distintos componentes del concreto para cumplir con las propiedades deseadas..

Edad del concreto: Edad a partir del momento en que se presenta el fraguado final del concreto.

Especímenes de concreto: Se consideran especímenes de concreto a las probetas elaboradas en moldes con dimensiones estandarizadas, utilizadas para muestrear un tipo específico de concreto.

Fraguado: El término fraguado se emplea para describir la transformación de la pasta de cemento o mezcla de concreto del estado plástico al estado endurecido.

Material más fino que el tamiz N°200: Se refiere a los elementos nocivos presentes en los agregados que pueden reducir las propiedades fundamentales del concreto..

Módulo de finura: Se define como el parámetro que indica el grosor predominante de las partículas dentro de un agregado.

Peso específico: Es la relación entre la masa de un volumen determinado de material a una temperatura específica y la masa del mismo volumen de agua destilada a la temperatura indicada (ASTM C-125, 2015).

Resistencia a compresión: Es la resistencia máxima medida de un espécimen de concreto a la carga de compresión axial: expresada como fuerza por unidad de área de sección transversal (ACI 306R – 10).

Resistencia a flexión: Resistencia máxima que una viga de concreto puede resistir cuando es cargada por el método de cargas en el punto medio del tramo en una máquina de ensayo a una velocidad especificada (NTP 339.079, 2012).

Tamaño Máximo Nominal. Se define como el tamiz de menor apertura que retiene las primeras partículas de un agregado durante el proceso de tamizado (ASTM C-125, 2015).

CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis General*

El uso del aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en distintas proporciones, influye en más del 1.00% en las resistencias mecánicas de concreto de $f'c$ 280 Kg/cm², para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días).

3.2. Variables o Categorías

3.2.1. *Variables Independientes.*

Aditivo SikaCem Acelerante PE (2.50% y 4.00%).

Edad del concreto (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días).

3.2.2. *Variables Dependientes.*

Resistencias mecánicas del concreto (Compresión y Flexión).

3.2.3. Operacionalización/ Categorización de los Componentes de las Hipótesis

Hipótesis	Variables	Definición conceptual de variables	Definición operacional de las variables	
			Indicadores	Fuentes o instrumentos de Recolección de Datos
El uso del aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en distintas proporciones, influye en más del 1.00% en las resistencias mecánicas de concreto de f'c 280 Kg/cm ² , para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días).	Aditivo SikaCem Acelerante PE. (2,50% y 4.00%)	El aditivo acelerante tiene como propiedad, acelerar el proceso de endurecimiento y obtener mayor resistencia a edades tempranas del concreto. Cantidad necesaria como porcentaje proporcional al peso del cemento por metro cúbico del concreto diseñado. [Independiente]	Peso del aditivo (g)	- Balanza analítica
	Edad del concreto (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días).	Edad del concreto es el tiempo que pasa desde que los especímenes de concreto son elaborados de acuerdo a norma técnica. [Independiente]	Edad de las muestras de concreto (días)	- Ficha técnica de laboratorio - Calendario
	Resistencias mecánicas (Compresión y Flexión).	Resistencia a la compresión del concreto se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en Kg/cm ² . [Dependiente]	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	- Ficha de observación de pruebas a compresión de concreto
		Resistencia a la flexión del concreto es una medida de la resistencia a la tracción del concreto, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en Kg/cm ² . [Dependiente]	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	- Ficha de observación de pruebas a flexión de concreto

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca, los estudios y ensayos de los agregados y concreto para la investigación se realizaron en las instalaciones especializadas de la empresa “GUERSAN INGENIEROS S.R.L.”, con oficinas en el Psje. Diego Ferré N° 295 cuyas coordenadas UTM son 775852 E, 9206953 N zona 17 de acuerdo al DATUM WGS84; con las certificaciones necesarias y autorización por parte de la Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Figura 6

Ubicación del laboratorio de materiales para la investigación en la ciudad de Cajamarca.



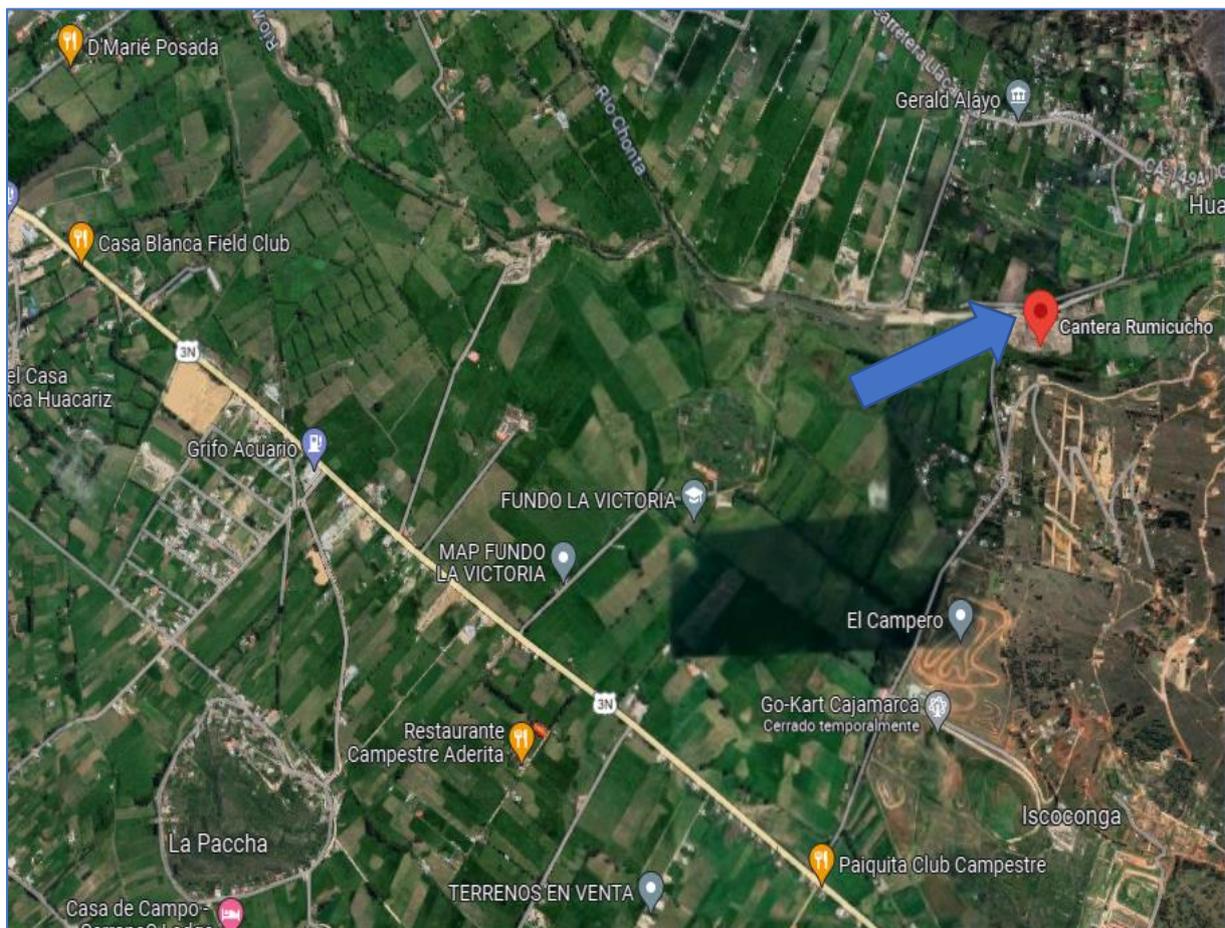
Nota. Reproducido de *Google Maps*, Consultado el 27 de noviembre de 2023.

4.1.2. Ubicación de la Cantera de Agregados.

Los agregados empleados en el diseño de mezcla de concreto para esta investigación son piedra chancada de río como agregado grueso y arena de río como agregado fino, provenientes de grandes acumulaciones de material fluvial del Río Chonta, adquiridos de la cantera de agregados “Hermanos Alaya”, ubicada en Iscoconga, Cajamarca, sus coordenadas UTM son 781410.60 E, 9204804.80 N zona 17 de acuerdo al DATUM WGS84.

Figura 7

Ubicación de la cantera de agregados a emplear en el diseño de mezcla de concreto en la ciudad de Cajamarca.



Nota. Reproducido de *Google Maps*. Consultado el 27 de noviembre de 2023.

4.2. Diseño de la Investigación

Para el estudio, se empleó un diseño experimental cuantitativo de corte transversal, generando interacción de las variables independientes (A, B, C y E_n) con las dependientes (Y y W), revisar Tablas 2 y 3, con el cual se puede evaluar si existe un aumento entre el Grupo de Control: concreto patrón (A) y los Grupos Experimentales que son el concreto con aditivo (B y C), en las variables independientes que son la resistencia a compresión (Y) y resistencia a flexión (W) para las diferentes edades (E_n), donde $n = 1, 2, 3, 4, 5$ y 6 .

Como se mencionó en la descripción del problema de esta investigación, se consideraron las edades de 3 y 7 días al ser edades tempranas de un concreto y es donde tiene mayor influencia el aditivo, de 28 días al ser la edad usualmente representativa de la resistencia de un concreto y 60, 90 y 180 días, por ser edades en las que se desconoce el desarrollo de la resistencia del concreto y la influencia del aditivo acelerante en este, son edades en las que usualmente los elementos construidos de concreto simple o concreto armado entran ya en uso o servicio.

4.3. Métodos de Investigación

4.3.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo experimental, ya que el estudio de las variables solo se podrá realizar mediante ensayos de laboratorio. Se detalla el criterio y el tipo de investigación en la Tabla 1.

Tabla 1*Criterio y tipo de investigación*

Criterio	Tipo de Investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Nivel	Correlacional
Fuente de dato	Primaria
Diseño de prueba de la hipótesis	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se desarrolla	Laboratorio

4.3.2. Nivel de Investigación

La investigación es correlacional, ya que busca explicar y relacionar el comportamiento de las variables dependientes, las cuales son las resistencias mecánicas (compresión y flexión) del concreto de $f'c$ 280 Kg/cm² frente a las variables independientes (proporción del aditivo acelerante y edad del concreto).

4.4. Población, Muestra y Unidad de Análisis**4.4.1. Población**

La población de este estudio está conformada por el conjunto de especímenes de concreto de $f'c$ 280 Kg/cm² con cemento Tipo I, elaborados en moldes cilíndricos estándar de dimensiones 6x12 pulgadas y en moldes rectangulares de dimensiones 15x15x50 cm, acorde a normas técnicas.

4.4.2. Muestra

Dado que el número potencial de unidades experimentales (probetas y vigas de concreto) que pueden fabricarse no se encuentra limitado a una población finita y claramente definida, se consideró a la población como infinita para fines estadísticos.

Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó la fórmula estadística clásica para poblaciones infinitas:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{E^2} \dots (1)$$

Donde:

- n: Tamaño de muestra
- Z: Valor Z asociado al nivel de confianza deseado
- p: Proporción esperada (se tomó como 0.5 por ser el valor más conservador)
- E: Margen de error tolerado (0.09 en este caso)

Se estableció un nivel de confianza del 95%, una proporción esperada de 0.5 (valor conservador que maximiza la variabilidad) y un margen de error del 9%. Con estos parámetros, el tamaño de muestra requerido fue de 119 especímenes de concreto.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{E^2} = \frac{(1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot (1-0.5)}{(0.09)^2} = 119 \text{ especímenes}$$

La muestra total será entonces de 144 especímenes, la elección de este tamaño de muestra corresponde a un equilibrio entre la precisión estadística deseada y las limitaciones económicas como son el costo asociado a la fabricación y ensayo de cada unidad.

El diseño experimental incluyó replicación para cada condición de mezcla, permitiendo un análisis comparativo robusto de los resultados y la aplicación de técnicas estadísticas como análisis de varianza (ANOVA) o pruebas de hipótesis según correspondiera

La muestra está conformada por 144 especímenes de concreto (90 especímenes cilíndricos estándar de acuerdo a ASTM C39 y 54 vigas de concreto de acuerdo a ASTM C293) de concreto de 280 Kg/cm² elaborado con cemento Tipo I, donde por el uso de aditivo se considera 5 muestras a compresión y 3 muestras a flexión, ambas a 3 niveles (patrón, 2.5%, 4.0% aditivo) y 6 edades (3, 7, 28, 60, 90, 180 días); las cuales se ensayaron según la NTP 339.034 (2008) "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto" y según la NTP 339.078 (2012) "Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios".

Se consideran las edades de 3 y 7 días al ser edades tempranas de un concreto y es donde tiene mayor influencia el aditivo (Gómez et al., 2019), de 28 días al ser la edad usualmente representativa de la resistencia de un concreto (ACI 306R – 10), y 60, 90 y 180 días, por ser edades en las que se desconoce el desarrollo de la resistencia del concreto y la influencia del aditivo acelerante en este, son edades en las que usualmente los elementos contruidos de concreto simple o concreto armado entran ya en uso o servicio. Además, la NTP 339.034 (2015 nos brinda las tolerancias permisibles en ensayo de especímenes para edades de 3, 7, 28 y 90 días. Las edades de 60 y 180 días son seleccionadas por criterio del investigador, para complementar la información de este estudio, basándose también en información de normas extranjeras como la Norma Técnica española de Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Tabla 2

Diseño del cuadro de interacción de variables para la resistencia a compresión.

Concreto $f'c=280$ kg/cm² (COMPRESIÓN) -Y

E (días)	Patrón	Aditivo Acelerante														
		SikaCem Acelerante PE														
		2.50%					4.00%									
A			B			C										
E1	3	YA11	YA12	YA13	YA14	YA15	YB11	YB12	YB13	YB14	YB15	YC11	YC12	YC13	YC14	YC15
E2	7	YA21	YA22	YA23	YA24	YA25	YB21	YB22	YB23	YB24	YB25	YC21	YC22	YC23	YC24	YC25
E3	28	YA31	YA32	YA33	YA34	YA35	YB31	YB32	YB33	YB34	YB35	YC31	YC32	YC33	YC34	YC35
E4	60	YA41	YA42	YA43	YA44	YA45	YB41	YB42	YB43	YB44	YB45	YC41	YC42	YC43	YC44	YC45
E5	90	YA51	YA52	YA53	YA54	YA55	YB51	YB52	YB53	YB54	YB55	YC51	YC52	YC53	YC54	YC55
E6	180	YA61	YA62	YA63	YA64	YA65	YB61	YB62	YB63	YB64	YB65	YC61	YC62	YC63	YC64	YC65
TOTAL DE MUESTRAS												90 PROBETAS				

Tabla 3

Diseño del cuadro de interacción de variables para la resistencia a flexión.

Concreto $f'c=280$ kg/cm² (FLEXIÓN) -W

E (días)	Patrón	Aditivo Acelerante								
		SikaCem Acelerante PE								
		2.50%			4.00%					
A		B			C					
E1	3	WA11	WA12	WA13	WB11	WB12	WB13	WC11	WC12	WC13
E2	7	WA21	WA22	WA23	WB12	WB22	WB23	WC21	WC22	WC23
E3	28	WA31	WA32	WA33	WB13	WB32	WB33	WC31	WC32	WC33
E4	60	WA41	WA42	WA43	WB14	WB42	WB43	WC41	WC42	WC43
E5	90	WA51	WA52	WA53	WB15	WB52	WB53	WC51	WC52	WC53
E6	180	WA61	WA62	WA63	WB16	WB62	WB63	WC61	WC62	WC63
TOTAL MUESTRAS								54 VIGAS		

Tabla 4*Muestra total de la investigación*

Edad del concreto	Cantidad de Especímenes de Concreto					
	Compresión (especímenes estándar)			Flexión (vigas)		
	Patrón	2.50% aditivo	4.00% aditivo	Patrón	2.50% aditivo	4.00% aditivo
3 días	5	5	5	3	3	3
7 días	5	5	5	3	3	3
28 días	5	5	5	3	3	3
60 días	5	5	5	3	3	3
90 días	5	5	5	3	3	3
180 días	5	5	5	3	3	3
Sub Total	30	30	30	18	18	18
TOTAL	144 especímenes de concreto					

4.4.3. Unidad de Análisis

La unidad de análisis se denomina “especímenes de concreto”.

4.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información

Se evaluó la resistencia a compresión y flexión a diferentes niveles de aditivo acelerante y diferentes edades en el laboratorio experimentalmente. Para el diseño de mezcla de concreto se emplearon agregados de la cantera local “Hermanos Alaya”, los cuales cumplen con los requerimientos de norma técnica, los datos y propiedades obtenidas mediante ensayos de norma para estos agregados se visualizan en el apéndice C. Este diseño de mezcla y resultados de laboratorio se visualiza en los Apéndices A y B.

Para la obtención de los datos se empleó la observación directa de los ensayos de laboratorio para cada muestra a través de fichas de registro, dichas fichas se encuentran en el Apéndice D y se detalla en las Figuras 23 y 24; luego mediante un tratamiento

estadístico/inferencial se determinó la validez de los datos recolectados, así como la comprobación de la hipótesis.

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Variables	Recolección de datos		
	Fuente	Técnica	Instrumento
Ensayo de compresión en probetas cilíndricas de concreto	Primaria	Observación directa	Ficha de Toma y Recolección de Datos
Ensayo de resistencia a la flexión en vigas de concreto simplemente apoyadas con cargas aplicadas a los tercios del tramo.	Primaria	Observación directa	Ficha de Toma y Recolección de Datos

Asimismo, como guía de los procedimientos en laboratorio se emplearon las siguientes normativas:

Para los agregados:

Tabla 6

Ensayos para los agregados y normativas correspondientes

Ensayo	Normativa
Método de ensayo para el análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso.	ASTM C136 y NTP 400.012
Método de ensayo para peso específico y absorción de agregado fino.	ASTM C128 y NTP 400.022
Método de ensayo para peso específico y absorción del agregado grueso.	ASTM C127 y NTP 400.021
Método de prueba estándar para materiales más de 75 mm (N° 200) por lavado de agregados.	ASTM C117 y NTP 400.018
Método de ensayo para pesos unitarios y vacíos en agregados.	ASTM C29 y NTP 400.017

Para el concreto:

Tabla 7

Ensayos y Normativas para el concreto.

Ensayo	Normativa
Método de ensayo de medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams	ASTM C143 y NTP 339.035
Elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra	ASTM C31 y NTP 339.033
Método de ensayo de medición de aire atrapado en el concreto fresco	ASTM 231
Ensayo de esfuerzo a compresión en muestras cilíndricas de concreto	ASTM C39 y NTP 339.034 – 2015
Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo	ASTM C78/C78M-10 y NTP 339.078 2012

4.5.1. Instrumentos de Recopilación de Información

La FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS, es un instrumento que permitió el ingreso y recolección de datos de forma ordenada y sistematizada, para registrar y facilitar los cálculos de la resistencia a compresión y flexión para cada unidad de muestra elaborada, posteriormente ensayada en laboratorio. Los ítems descritos en la Figura 15 se llenaron de la siguiente forma:

A: Se identificó la forma y la procedencia o cantera del agregado grueso.

B: Se identificó la forma y la procedencia o cantera del agregado fino.

C: Se identificó el tipo de cemento empleado en la elaboración del concreto.

D: Se indicó la dosificación del concreto en volumen.

E: Se indicó el asentamiento o slump obtenido en el ensayo de asentamiento para el concreto fresco, sin aditivo.

F: Se indicó el asentamiento o slump obtenido en el ensayo de asentamiento para el concreto fresco, con aditivo.

G: Se registró la fecha de elaboración de la muestra.

H: Se registró la fecha del ensayo a compresión en el laboratorio.

I: Se registró la numeración de cada muestra en el ensayo de laboratorio.

J: El "f'c (Kg/cm²)" se registró el f'c de diseño, es decir f'c=280 Kg/cm².

K: Se registró la identificación de cada muestra en el ensayo de laboratorio.

L: Se calculó la edad del concreto ensayado en días, restando G – H.

M: Se registró el diámetro en centímetros (cm) de cada muestra cilíndrica, se realizaron 04 mediciones.

N: Se registró el peso en gramos (g) de cada muestra cilíndrica.

Ñ: Se registró la altura de cada muestra cilíndrica en centímetros (cm).

O: Se registró la carga de rotura obtenida en el ensayo de laboratorio en KiloNewton (KN).

P: Se registró el tipo de fractura visualizado de cada muestra ensayada.

A continuación, se visualiza la Ficha de toma y recolección de datos para el ensayo a flexión, en los cuales se obtuvieron los datos de los ensayos.

La resistencia a compresión se calculó con la carga en Kilogramos (Kg) entre el área de la probeta en centímetros cuadrados (cm²), con las ecuaciones (2) y (3).

El área de probeta, se calculó con la fórmula:

$$A \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{\pi \times (\emptyset \text{cm})^2}{4} \dots\dots\dots(2)$$

La resistencia a compresión (kg/cm²), se calcula así:

$$f'c \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Carga máxima de rotura (kN)} \times 101.972}{A \text{ (cm}^2\text{)}} \dots\dots(3)$$

La resistencia a flexión o Módulo (kg/cm^2), se calcula así:

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right] \quad \text{ó} \quad Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right] \dots\dots(4)$$

La primera formula se utiliza para calcular el Módulo de Rotura cuando la falla de la viga ensayada se produce dentro del tercio medio de luz, mientras que la segunda fórmula se utiliza para calcular el Módulo de Rotura cuando la falla se produce fuera del tercio medio de luz.

Los ítems descritos en la Figura 16 se llenaron de la siguiente forma:

A: Se identificó la forma y la procedencia o cantera del agregado grueso.

B: Se identificó la forma y la procedencia o cantera del agregado fino.

C: Se identificó el tipo de cemento empleado en la elaboración del concreto.

D: Se indicó la dosificación del concreto en volumen.

E: Se indicó el asentamiento o slump obtenido en el ensayo de asentamiento para el concreto fresco, con y sin aditivo

F: Se registró la fecha de elaboración de la muestra.

G: Se registró la fecha del ensayo a compresión en el laboratorio.

H: Se registró el estado de humedad en el que se encontraba la viga al momento del ensayo.

I: Se registró si el testigo había sufrido alguna modificación física.

J: Se registró si el testigo tenía defectos visibles al momento del ensayo.

K: Se registró el código de identificación de la viga ensayada.

L: Se registró las mediciones del ancho promedio (b) de la viga en milímetros (mm).

M: Se registró las mediciones del peralte promedio (h) de la viga en milímetros (mm).

N: Se registró las mediciones de la longitud de la viga en milímetros (mm).

Ñ: Se registró la luz libre entre apoyos (L) en milímetros (mm).

O: Se registró la carga de rotura (P) en KiloNewtons (KN).

P: Se registró el tipo de falla visualizado de cada muestra ensayada.

Q: Se registró la excentricidad de la falla producida (e) en milímetros (mm).

R: Se calculó el Módulo de Rotura o Resistencia a Flexión (MR) en Kilogramos por centímetros cuadrados (Kg/cm^2) con la ecuación (4).

4.6. Técnicas para el Procesamiento y Análisis de la Información

Para la consecución de los objetivos de esta investigación se hizo uso de las fichas técnicas de las mediciones observadas en el laboratorio. Se efectuaron los siguientes pasos:

Para el procesamiento de la información cuantitativa de la investigación, se realizó el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos practicados a todas las muestras. Para los cuales se aplicó un análisis de varianza, también conocido como ANOVA, de un factor al tratarse de variables dependientes como son la resistencia a compresión y la resistencia a flexión. La ANOVA es un método estadístico que examina las diferencias en las medias de los 3 tratamientos en estudio para el uso del aditivo en las 6 edades. Usando la prueba de rango Tukey y haciendo el análisis de las gráficas de datos. Este procesamiento se realizó con uso del software Minitab 18.

El método de Tukey permite construir intervalos de confianza para cada una de las diferencias por pares entre las medias de los niveles de los factores, controlando la tasa de error por familia en un nivel preestablecido. Considerar esta tasa de error es fundamental cuando se realizan comparaciones múltiples, dado que la probabilidad de cometer un error

de tipo I en un conjunto de comparaciones es mayor que la asociada a una comparación individual. Para contrarrestar esta tasa de error más elevada, el método ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual para que el nivel de confianza simultáneo resultante sea igual al valor que usted especifique. (Soporte de Minitab 18, 2022)

Gráficas de datos para ANOVA de un solo factor

a) Gráfica de cajas

La gráfica proporciona un resumen gráfico de la distribución de cada muestra. Permitiendo comparar de manera sencilla la forma, tendencia central y variabilidad de las muestras. Además, identifica cualquier posible valor atípico. (Soporte de Minitab 18, 2022).

Las gráficas de caja funcionan mejor cuando el tamaño de la muestra es mayor que 20, siendo para la investigación un beneficio ya que se tuvo una muestra de 90 probetas. (Vásquez, 2022).

b) Gráfica de valores individuales

Esta gráfica muestra los valores individuales de cada muestra, lo que permite compararlos visualmente y detectar posibles valores atípicos en cada punto representado. Este tipo de gráfico resulta más adecuado cuando el tamaño de la muestra es inferior a 50 (Soporte de Minitab 18, 2022).

c) Gráfica de intervalo

Esta gráfica de intervalos representa la media y su intervalo de confianza para cada grupo. Las gráficas de intervalo permiten visualizar lo siguiente:

- Cada punto representa una media de muestra.
- Cada intervalo es un IC individual de 95% de la media de un grupo. O sea, se tiene 95% de seguridad que una media de grupo está dentro del intervalo de confianza del grupo.

Para determinar la significancia estadística, además del análisis gráfico, se evaluaron los intervalos de confianza de las diferencias de las medias

Para el análisis y contraste de los resultados estadísticos obtenidos, se comparó los resultados con la Guía para la evaluación de ensayos de resistencia del concreto (ACI 213 RS-11, 2017).

Figura 8

Estándares para el control del concreto para $f'c \leq 35$ MPa

Variación general					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes estándares de control, psi (MPa)				
	Excelente	Muy bien	Bien	Justo	Pobre
General construcción pruebas	Por debajo de 400 (por debajo de 2,8)	400 a 500 (2,8 a 3,4)	500 a 600 (3,4 a 4,1)	600 a 700 (4,1 a 4,8)	Por encima de 700 Por encima de 4,8
Laboratorio lotes de prueba	Por debajo de 200 (por debajo de 1,4)	200 a 250 (1,4 a 1,7)	250 a 300 (1,7 a 2,1)	300 a 350 (2,1 a 2,4)	Por encima de 350 Por encima de 2,4

Nota. Reproducido de ACI 214R-11, *Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete*, American Concrete Institute, 2011.

El trabajo de procesamiento estadístico, se realizó ANOVA para:

- Resistencia a Compresión:

Se consideró al factor: Resistencia a la compresión y los tratamientos: 0% adit., 2.5% adit. y 4% adit.; se procesaron los 90 datos de la resistencia a compresión obtenidos de los ensayos y procesamiento de datos. Obteniendo finalmente el análisis ANOVA.

- Resistencia a Flexión:

Se consideró al factor: Resistencia a la compresión y los tratamientos: 0% adit., 2.5% adit. y 4% adit.; se procesaron los 54 datos de la resistencia a compresión obtenidos de los ensayos y procesamiento de datos. Obteniendo finalmente el análisis ANOVA

El método utilizado para cada procesamiento ANOVA, consideró las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha=0.05$

4.6.1. Equipos, Materiales, Insumos, etc.

Insumos:

- **Cemento.** Tipo I, de la marca Pacasmayo.
- **Agregados.** Fino (arena de río) y Grueso (piedra chancada de río), procedentes de la cantera “Hermanos Alaya”.
- **Agua.** potable, proveniente de la red pública de servicio de agua en Cajamarca.
- **Aditivo.** Acelerante SikaCem Acelerante PE

Equipos. Se incluyen la estufa, balanza analítica, prensa hidráulica, cronómetro, cono de Abrams, equipos para determinar el peso unitario de agregados y concreto, máquina de Los Ángeles, mezcladora de concreto, computadora e impresora.

Materiales. Se consideran juegos de tamices, probetas de vidrio, moldes cónicos, canastillas metálicas, moldes variados, recipientes, papel y libreta de apuntes.

4.7. Matriz de Consistencia Metodológica

Problema	Hipótesis	Variables e Indicadores			Metodología				
		Variable	Dimensiones	Indicadores	Material	Método	Técnicas	Instrumentos	Procedimientos
¿Cuál es la influencia del aditivo acelerante SikaCem PE en las resistencias mecánicas de concreto de 280 Kg/cm ² , para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días)?	El uso del aditivo acelerante SikaCem PE en distintas proporciones, influye positivamente en las resistencias mecánicas de concreto de f'c 280 Kg/cm ² , para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días).	Variable independiente (x_i)	2,50, 4,00 % peso cemento	Indicador (I)	Población Especímenes de concreto cilíndricos estándar y vigas de concreto con cemento Tipo I de f'c 280 Kg/cm ² Muestra 144 muestras (90 muestras para resistencia a compresión y 54 para resistencia a flexión)	1. Tipo de Investigación Aplicada 2. Diseño de la Investigación Experimental 3. Nivel de la Investigación Correlacional 4. Método de Investigación Cuantitativo	Observación directa	- Ficha técnica de laboratorio - Ficha de control	Procedimiento Ensayos de propiedades de los materiales del concreto. Cálculo de los diseños de mezcla del concreto con y sin aditivo. Elaboración de las probetas cilíndricas estándar. Elaboración de las vigas de concreto. Curado de las probetas y vigas. Ensayo a compresión de las probetas. Ensayo a flexión de las vigas. Procesamiento de datos Ficha técnica de laboratorio. Excel, etc. Análisis de datos -Gráficos. Líneas, barras, etc. - Estadísticos: promedio, desviación estándar, varianzas. Presentación de resultados Gráficas de cajas Gráficas de valores individuales Gráficas de intervalos Gráficos de barras
		Variable dependiente (y_j)		Días transcurridos de las muestras						Kg/cm^{2}	Resistencia a la Compresión
		Resistencias mecánicas del concreto	3, 7, 28, 60, 90, 180 días	Kg/cm ²					
			Resistencia a la Flexión (Módulo de Rotura)	Kg/cm ²					

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Características de los Materiales Componentes del Concreto

Cemento: Portland Tipo I ASTM C-150: Pacasmayo (Peso específico: 3.11 g/cm³).

Agua: Potable, cumple los requisitos de la norma NTP 339.088.

Aditivos: Sikacem Acelerante PE, cumple los requisitos de la norma ASTM C494.

Agregados: De acuerdo a la Tabla 8, cumplen requisitos de normas técnicas. El cálculo de las propiedades se muestra en el Apéndice C.

Tabla 8

Propiedades del agregado fino y agregado grueso para el diseño de mezcla de concreto

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	AGREGADO FINO	Uds.	AGREGADO GRUESO	Uds.
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
Peso Específico de Masa	2.630	g/cm ³	2.61	g/cm ³
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	2.660	g/cm ³	2.65	g/cm ³
Peso Específico de Aparente	2.720	g/cm ³	2.7	g/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1769	Kg/m ³	1421	Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1878	Kg/m ³	1538	Kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.26		0.25	
ABSORCION (%)	1.30		1.20	
MODULO DE FINURA	3.275		6.809	
ABRASION (%)	-		25.00	
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N° 200	2.20		0.80	

5.2. Análisis y Discusión de las Características de los Materiales Componentes del Concreto

Respecto a las características de cada componente, se consideró los requisitos mínimos y máximos de las distintas normas técnicas.

En cuanto al cemento, la información respecto a sus propiedades físicas y químicas se tomaron de las fichas técnicas publicadas por el fabricante.

En cuanto al agua, se utilizó el agua potable para la elaboración de las mezclas de concreto, esta, proveniente de la red de servicio de agua potable de la ciudad de Cajamarca.

Los agregados fueron seleccionados de procedencia de río, por presentar resultados previos de mejor calidad en cuanto a compresión, y se seleccionó la cantera “Hermanos Alaya” por presentar agregados limpios y con características que reúnen los requisitos de normas.

La **granulometría** del agregado grueso se ajusta al Huso C de los husos granulométricos establecidos en la NTP 400.037, siendo un agregado bien gradado.

Respecto a las propiedades de los agregados, mostradas en la Tabla 8, en cuanto a el **peso específico de masa**, este se encuentra dentro del rango establecido en la NTP 400.037, lo que quiere decir, que estos son aptos para su uso en diseño de mezclas de concreto.

En cuanto a la **absorción** y el **peso unitario**, estos se encuentran dentro de los rangos establecidos en la NTP 400.037.

El **tamaño máximo nominal** fue seleccionado a criterio del investigador, para lograr la trabajabilidad y consistencia esperada de la mezcla.

La **resistencia a abrasión**, la **humedad**, y el **porcentaje de partículas menores que el tamiz N°200**, cumplieron con lo establecido en la NTP 400.037.

5.3. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión para los Grupos de Control y Experimentación de Concreto

Tabla 9

Resultados promedio de la resistencia a compresión e influencia del aditivo en la resistencia según los tratamientos a las diferentes edades

EDAD	PATRÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Kg/cm ²)				
		% f'c	2.50%	% f'c	4.00%	% f'c
3 DÍAS	205.50	59.25%	215.91	62.25%	218.41	62.97%
7 DÍAS	282.38	81.42%	277.10	79.89%	257.86	74.35%
28 DÍAS	346.84	100.00%	335.99	96.87%	311.77	89.89%
60 DÍAS	407.30	117.43%	393.98	113.59%	350.87	101.16%
90 DÍAS	408.29	117.72%	393.05	113.31%	370.24	106.75%
180 DÍAS	443.74	127.94%	412.68	118.98%	393.97	113.59%

Figura 9

Resultados promedio de la resistencia a compresión (Kg/cm²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada edad

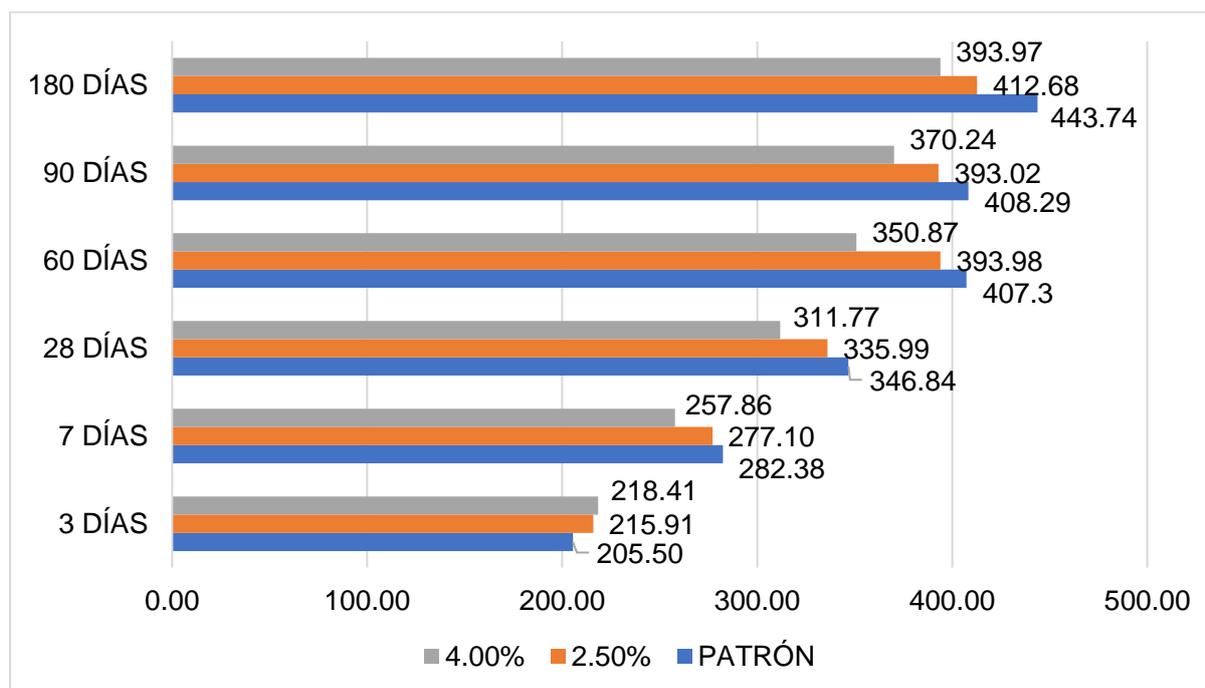
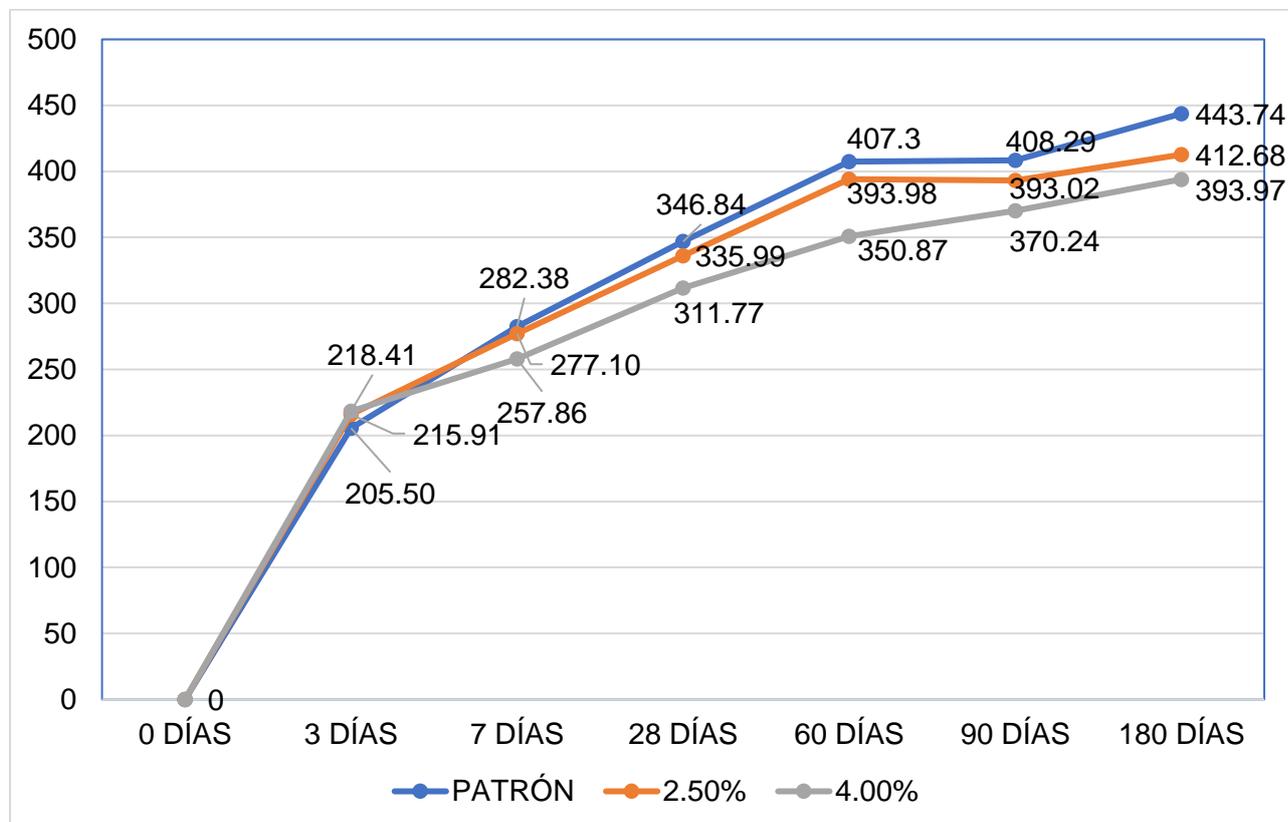


Figura 10

Resultados promedio de la resistencia a compresión (Kg/cm²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada edad



Se registraron los datos durante el ensayo de resistencia a compresión para las edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días. Donde se tomaron medidas como el diámetro, la altura y el peso de los especímenes, además de registrar la carga última de rotura y el tipo de rotura de acuerdo a la NTP 339.034, tal como se visualiza en el Apéndice D.

5.4. Análisis, Interpretación y Discusión de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión

En la Tabla 9, Figura 9 y 10 se visualizan los promedios de los resultados de resistencia a compresión, donde se observa un aumento de la resistencia a compresión a través del tiempo; sin embargo, se destaca que el uso de aditivo en diferentes dosificaciones solo tiene impacto positivo en el concreto a los 3 días, mientras que a los 7, 28, 60, 90 y 180 días el concreto patrón o grupo de control muestra una resistencia a compresión mayor.

A los 3 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es positiva, con un incremento del 3.00% en el concreto con 2.50% de aditivo; y un incremento del 3.72% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 7 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -1.53% en el concreto con 2.50% de aditivo; y una disminución del -7.07% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 28 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -3.13% en el concreto con 2.50% de aditivo; y una disminución del -10.11% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 60 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -3.84% en el concreto con 2.50% de aditivo; y una disminución del -16.27% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 90 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -4.41% en el concreto con 2.50% de aditivo; y una disminución del -10.97% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 180 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -8.96% en el concreto con 2.50% de aditivo; y una disminución del -14.35% en el concreto con 4.00% de aditivo.

5.4.1. Análisis de Varianza de la Resistencia a Compresión

5.4.2. Para el Concreto Patrón

Al procesar con ANOVA los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10

Análisis de varianza de la resistencia a compresión del concreto patrón con 0% de aditivo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	5	204628	40925.5	662.53	0.000
Error	24	1483	61.8		
Total	29	206110			

Nota: Si $(0.01 < P < 0.05)$ hay significación estadística en el ANOVA

Si $(P < 0.01)$ hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si $(P > 0.05)$ no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

MC (Media de los cuadrados)

SC (suma de cuadrado)

Valor F (F calculado)

Valor P (valor de probabilidad).

La Tabla 10 tiene el valor P 0.000, lo que se interpreta como que tiene una alta significación estadística. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula, lo que se interpreta como que los diferentes tratamientos, tuvieron efectos en la resistencia a compresión, en este caso, las diferentes edades sobre el concreto patrón o concreto con 0% de aditivo.

Tabla 11

Medias de la resistencia a compresión del concreto patrón

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0% ADIT. - E1	5	205.50	5.11	(198.25, 212.76)
0% ADIT. - E2	5	282.38	2.46	(275.12, 289.63)
0% ADIT. - E3	5	346.84	9.48	(339.59, 354.10)
0% ADIT. - E4	5	407.30	6.14	(400.05, 414.56)
0% ADIT. - E5	5	408.29	5.60	(401.04, 415.55)
0% ADIT. - E6	5	443.74	13.40	(436.49, 451.00)

Nota: IC=índice de confianza

Se comparó los resultados obtenidos de Desviación Estándar de la Tabla 11, con la figura 7, que muestra los estándares de control para la desviación estándar, obteniendo lo siguiente:

- Los 06 tratamientos, muestran una desviación estándar ubicada dentro del rango $< a$ 14.1, por lo que todos los tratamientos y los resultados obtenidos de los ensayos se consideran como Excelentes.

Tabla 12

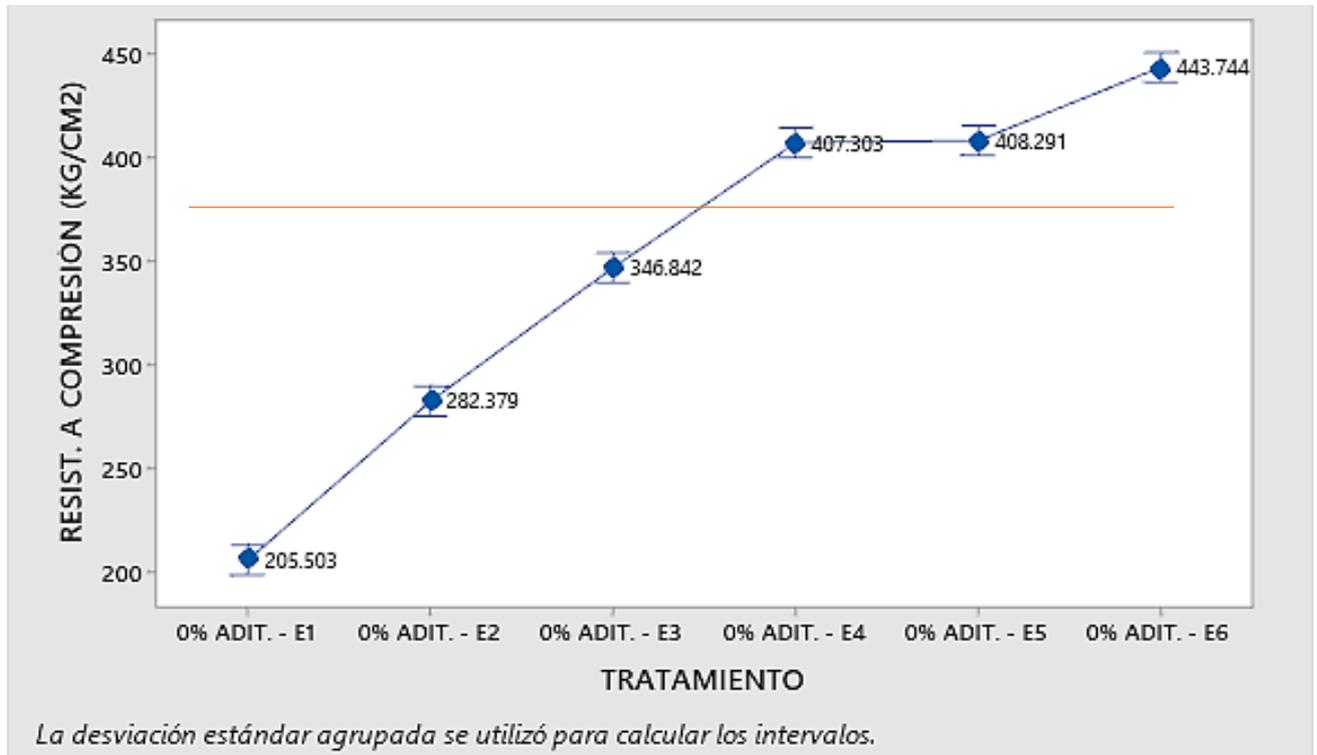
Información agrupada de la resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%.

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
0% ADIT. - E6	5	443.74	A
0% ADIT. - E5	5	408.29	B
0% ADIT. - E4	5	407.30	B
0% ADIT. - E3	5	346.84	C
0% ADIT. - E2	5	282.38	D
0% ADIT. - E1	5	205.50	E

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

Figura 11

Gráfica de intervalos de la resistencia a compresión del concreto patrón



Interpretando la Tabla 12 y la Figura 11, las medias entre los tratamientos, nos indica que:

Todos los tratamientos son significativamente diferentes entre sí, a excepción de los tratamientos 0% adit – E4 a los 60 días y 0% adit -E5 a los 90 días, los cuales, entre sí, no son significativamente diferentes. Verificando gráficamente en la Figura 11, trazando una línea horizontal naranja, la cual intercepta ambos tratamientos.

Figura 12

Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión del concreto patrón por cada edad

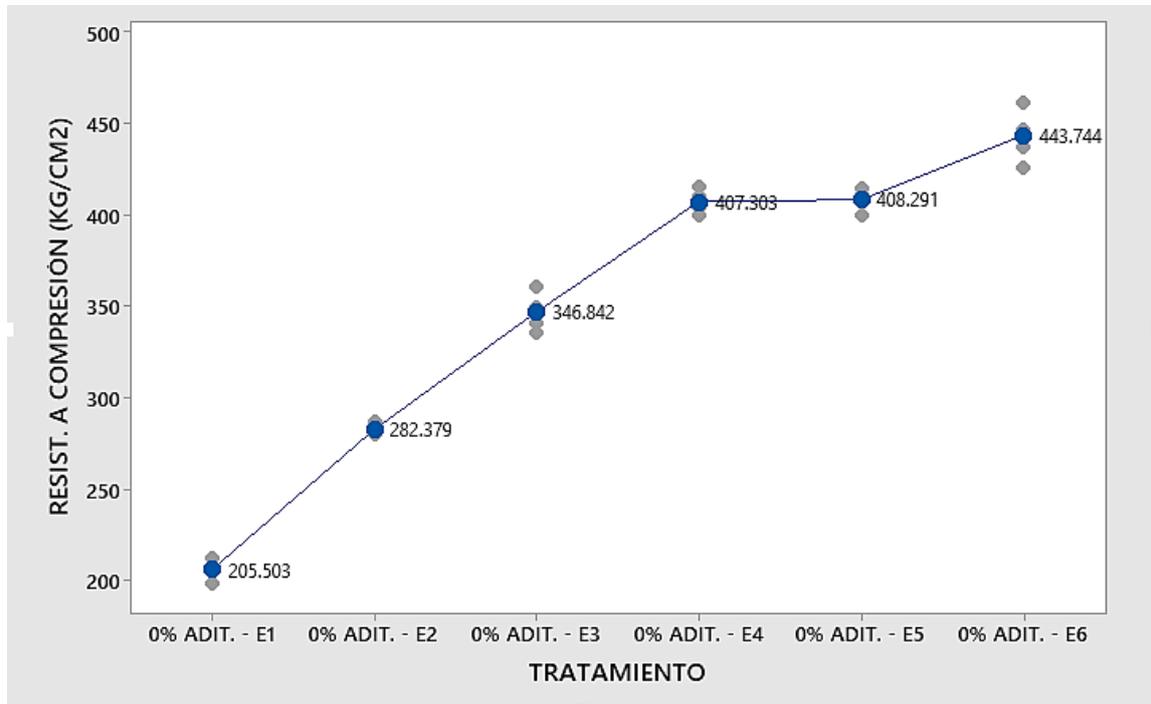
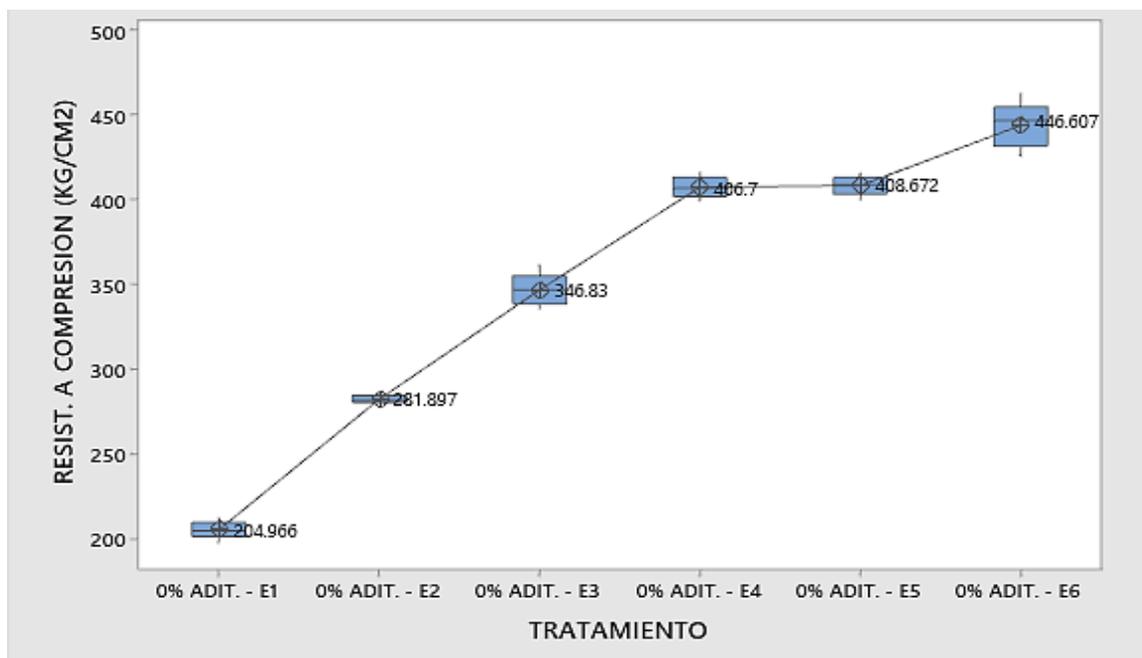


Figura 13

Gráfica de caja de resistencia a compresión del concreto patrón por edad



Al comparar la Figura 12 y Figura 13 en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

- 0% adit. – E1.: como la media 205.53 > mediana 204.966, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 8.28. No presenta datos atípicos.
- 0% adit. – E2.: como la media 282.38 > mediana 281.90, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 4.12. No presenta datos atípicos.
- 0% adit. – E3.: como la media 346.84 > mediana 346.83, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 16.73. No presenta datos atípicos.
- 0% adit. – E4.: como la media 407.30 > mediana 406.70, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 11.35. No presenta datos atípicos.
- 0% adit. – E5.: como la media 408.29 < mediana 408.67, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 9.76. No presenta datos atípicos.
- 0% adit. – E6.: como la media 443.74 < mediana 446.61, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 23.14. No presenta datos atípicos.

5.4.2. Para el Concreto con 2.50% de aditivo

Al procesar con ANOVA los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13

Análisis de varianza de la resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	5	151785	30357.1	233.46	0.000
Error	24	3121	130.0		
Total	29	154906			

Nota: Si $(0.01 < P < 0.05)$ hay significación estadística en el ANOVA

Si $(P < 0.01)$ hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si $(P > 0.05)$ no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

MC (Media de los cuadrados)

SC (suma de cuadrado)

Valor F (F calculado)

Valor P (valor de probabilidad).

La Tabla 13 tiene el valor P 0.000, lo que se interpreta como que tiene una alta significación estadística. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula, lo que se interpreta como que los diferentes tratamientos, tuvieron efectos en la resistencia a compresión, en este caso, las diferentes edades sobre el concreto con 2.50% de aditivo.

Tabla 14

Medias de la resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
2.5% ADIT. - E1	5	215.91	6.26	(205.39, 226.44)
2.5% ADIT. - E2	5	277.10	18.16	(266.57, 287.62)
2.5% ADIT. - E3	5	335.99	10.09	(325.47, 346.52)
2.5% ADIT. - E4	5	393.98	5.91	(383.45, 404.50)
2.5% ADIT. - E5	5	393.02	7.23	(382.50, 403.55)
2.5% ADIT. - E6	5	412.68	14.90	(402.16, 423.21)

Nota: IC=índice de confianza

Se comparó los resultados obtenidos de Desviación Estándar de la Tabla 14, con la Figura 7, que muestra los estándares de control para la desviación estándar, obteniendo lo siguiente:

- Los tratamientos 2,5% adit. – E1, 2,5% adit. – E3, 2,5% adit. – E4 y 2,5% adit. – E5, muestran una desviación estándar ubicada dentro del rango $< a$ 14.1, por lo que todos los tratamientos y los resultados obtenidos de los ensayos se consideran como Excelentes.
- El tratamiento 2,5% adit. – E6, muestra una desviación estándar ubicada dentro del intervalo de 14.1 a 17.6, por lo que se considera como Muy buenos.

- El tratamiento 2,5% adit. – E2, muestra una desviación estándar ubicada dentro del intervalo de 17.6 a 21.1., por lo que se considera como Bueno.

Tabla 15

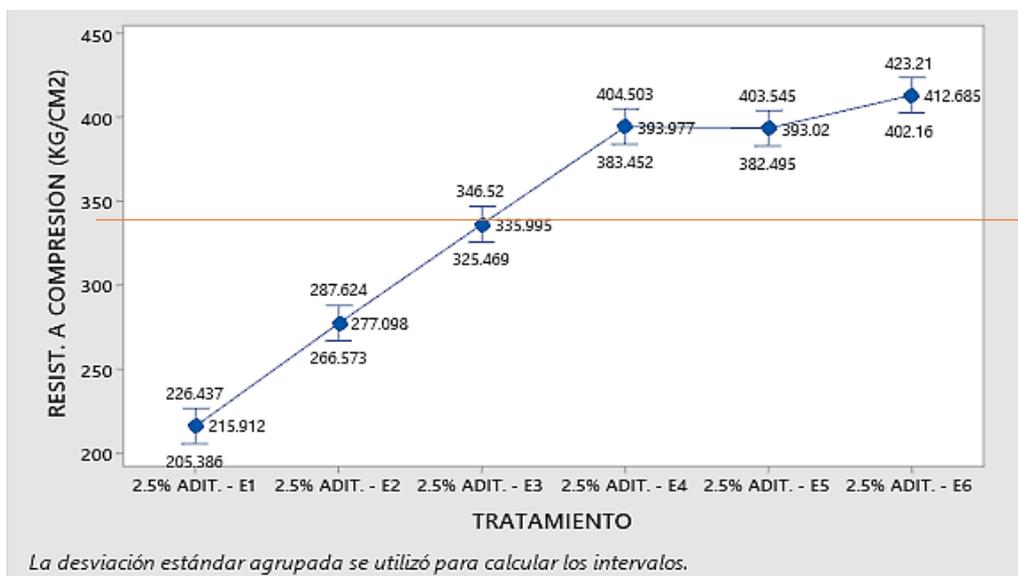
Información agrupada de la resistencia a compresión para 2.5%, con el método Tukey y una confianza del 95%.

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
2.5% ADIT. - E6	5	412.68	A
2.5% ADIT. - E4	5	393.98	A
2.5% ADIT. - E5	5	393.02	A
2.5% ADIT. - E3	5	335.99	B
2.5% ADIT. - E2	5	277.10	C
2.5% ADIT. - E1	5	215.91	D

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

Figura 14

Gráfica de intervalos de la resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo



Interpretando la Tabla 15 y la Figura 14, las medias entre los tratamientos, nos indica que:

Todos los tratamientos son significativamente diferentes entre sí, a excepción de los tratamientos 2.5% adit – E4 a los 60 días, 2.5% adit -E5 a los 90 días y 2.5% adit -E6 a los 180 días, los cuales, entre sí, no son significativamente diferentes. Verificando gráficamente en la Figura 13, trazando una línea horizontal naranja, la cual intercepta ambos tratamientos.

Figura 15

Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo por cada edad

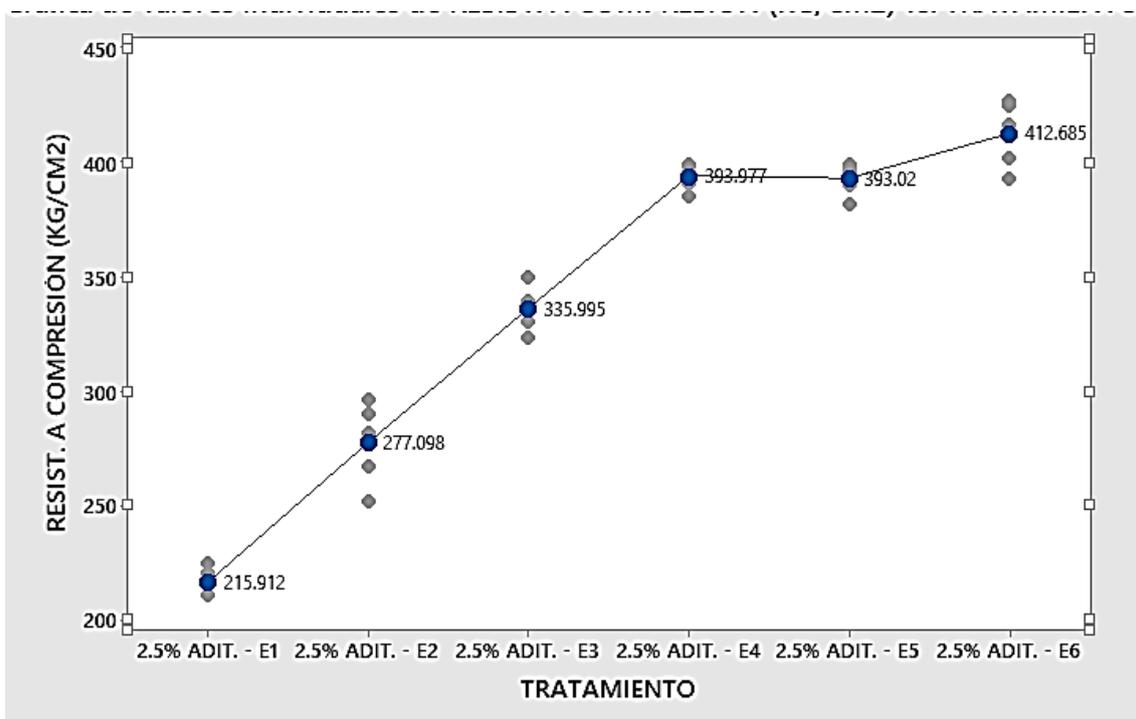
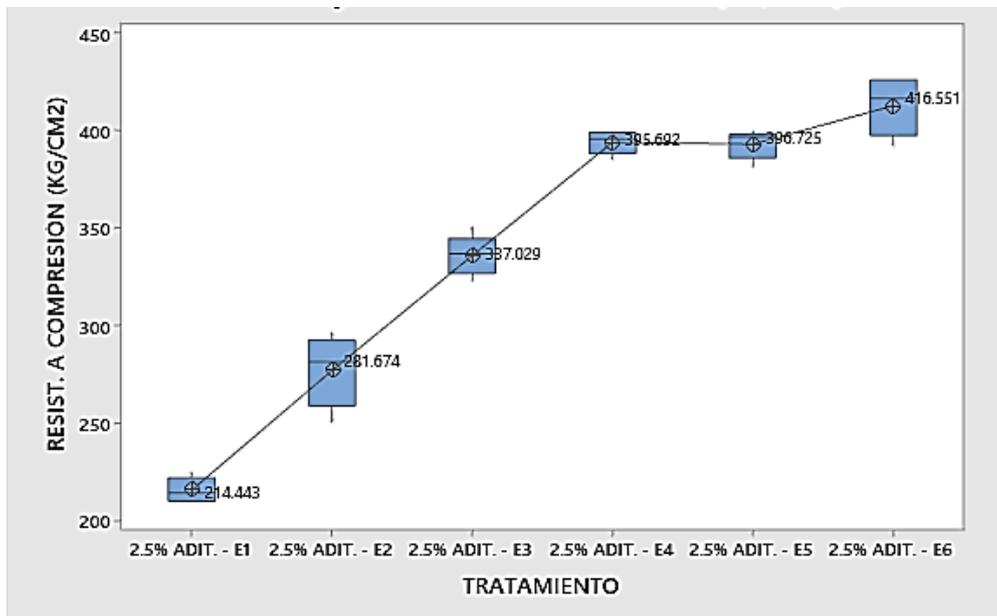


Figura 16

Gráfica de caja de resistencia a compresión del concreto con 2.5% de aditivo, por edad



Al comparar la Figura 15 y Figura 16 en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

- 2.5% adit. – E1.: como la media 215.91 > mediana 214.44, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 11.98. No presenta datos atípicos.
- 2.5% adit. – E2.: como la media 277.10 < mediana 281.67, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 33.89. No presenta datos atípicos.
- 2.5% adit. – E3.: como la media 335.99 < mediana 337.03, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 17.95. No presenta datos atípicos.
- 2.5% adit. – E4.: como la media 393.98 < mediana 395.69, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 11.06. No presenta datos atípicos.

- 2.5% adit. – E5.: como la media 393.02 < mediana 396.73, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 12.42. No presenta datos atípicos.
- 2.5% adit. – E6.: como la media 412.69 < mediana 416.55, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 28.70. No presenta datos atípicos.

5.4.2. Para el Concreto con 4.00% de aditivo

Al procesar con ANOVA los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16

Análisis de varianza de la resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	5	115760	23152.0	433.04	0.000
Error	24	1283	53.5		
Total	29	117043			

Nota: Si $(0.01 < P < 0.05)$ hay significación estadística en el ANOVA

Si $(P < 0.01)$ hay una alta significación estadística en el ANOVA

Si $(P > 0.05)$ no hay diferencia estadística en el ANOVA

GL (grados de libertad)

MC (Media de los cuadrados)

SC (suma de cuadrado)

Valor F (F calculado)

Valor P (valor de probabilidad).

La Tabla 16 tiene el valor P 0.000, lo que se interpreta como que tiene una alta significación estadística. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula, lo que se interpreta como que los diferentes tratamientos, tuvieron efectos en la resistencia a compresión, en este caso, las diferentes edades sobre el concreto con 4.00% de aditivo.

Tabla 17

Medias de la resistencia a compresión del concreto con 4% de aditivo

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
4% ADIT. - E1	5	218.41	3.84	(211.66, 225.16)
4% ADIT. - E2	5	257.86	5.74	(251.11, 264.60)
4% ADIT. - E3	5	311.77	11.34	(305.02, 318.52)
4% ADIT. - E4	5	350.87	8.64	(344.13, 357.62)
4% ADIT. - E5	5	370.24	5.04	(363.49, 376.99)
4% ADIT. - E6	5	393.97	6.66	(387.22, 400.72)

Nota: IC=índice de confianza

Se comparó los resultados obtenidos de Desviación Estándar de la Tabla 17, con la Figura 7, que muestra los estándares de control para la desviación estándar, obteniendo lo siguiente:

- Los 06 tratamientos, muestran una desviación estándar ubicada dentro del rango < 14.1 , por lo que todos los tratamientos y los resultados obtenidos de los ensayos se consideran como Excelentes.

Tabla 18

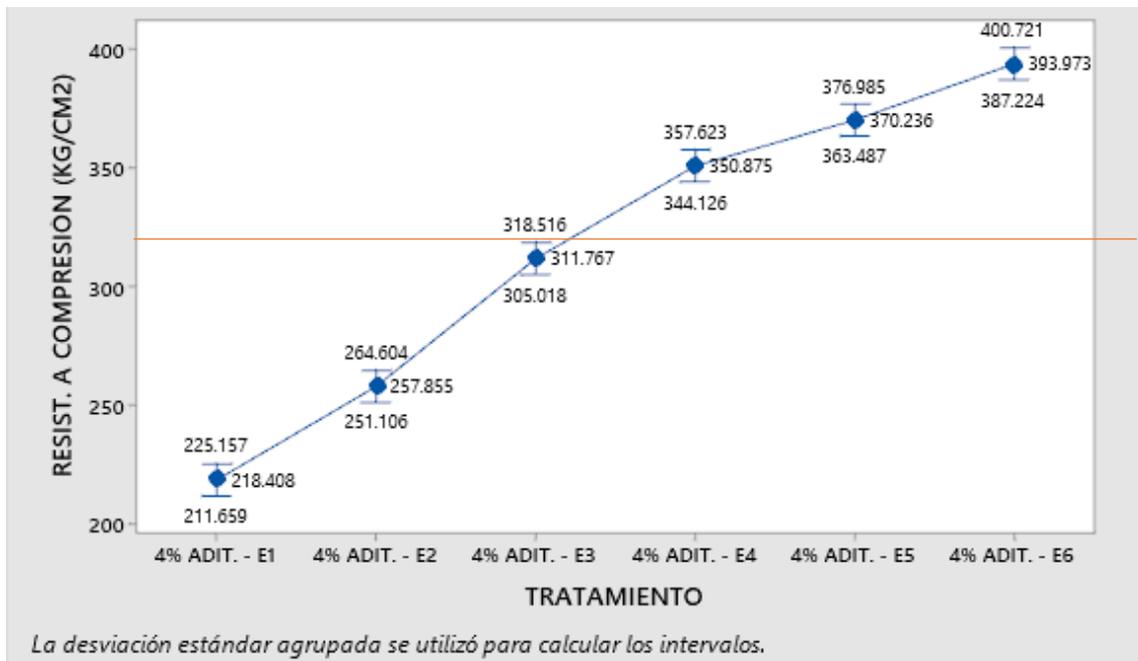
Información agrupada de la resistencia a compresión para 4.0%, con el método Tukey y una confianza del 95%.

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
4% ADIT. - E6	5	393.97	A
4% ADIT. - E5	5	370.24	B
4% ADIT. - E4	5	350.87	C
4% ADIT. - E3	5	311.77	D
4% ADIT. - E2	5	257.86	E
4% ADIT. - E1	5	218.41	F

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

Figura 17

Gráfica de intervalos de la resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo



Interpretando la Tabla 18 y la Figura 17, las medias entre los tratamientos, nos indica que:

Todos los tratamientos son significativamente diferentes entre sí. Verificando gráficamente en la Figura 16, trazando una línea horizontal naranja, la cual no intercepta más de un tratamiento en simultáneo.

Figura 18

Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo por cada edad

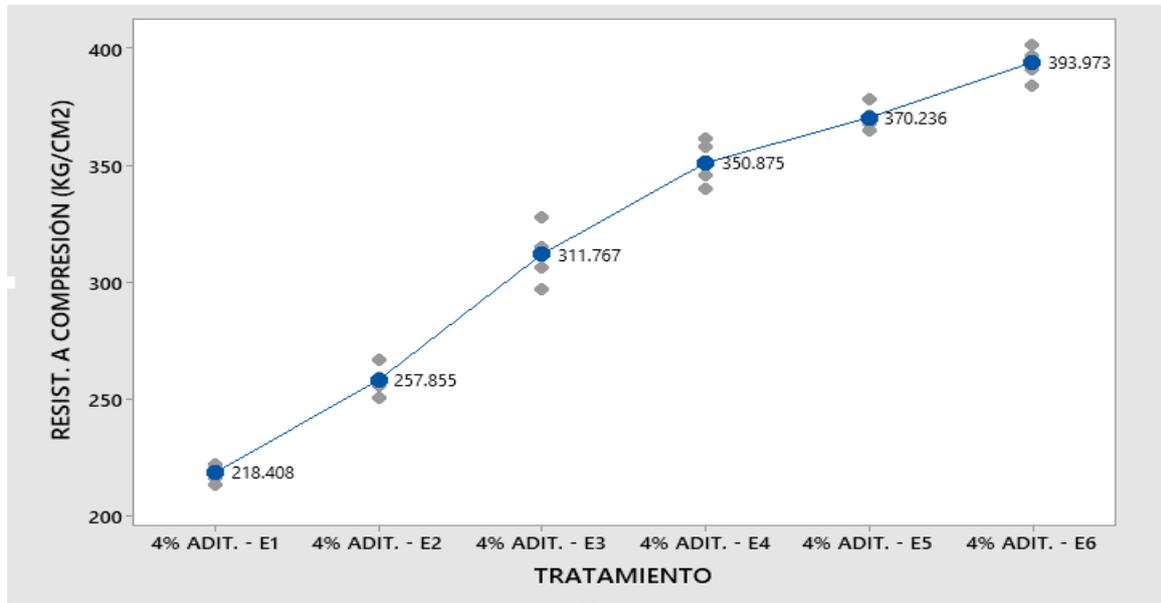
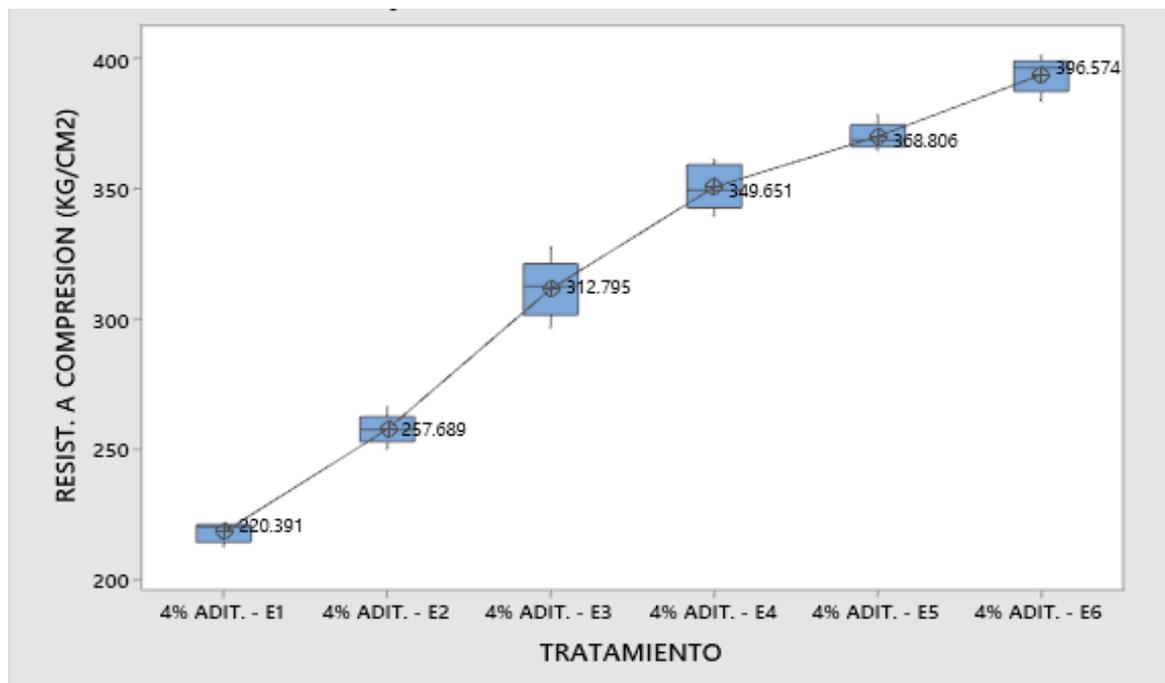


Figura 19

Gráfica de caja de Resistencia a compresión del concreto con 4.0% de aditivo, por edad



Al comparar la Figura 18 y Figura 19 en simultáneo, de los tratamientos se tiene:

- 4.0% adit. – E1.: como la media 218.41 > mediana 220.39, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 6.96. No presenta datos atípicos.
- 4.0% adit. – E2.: como la media 257.86 > mediana 257.69, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 9.47. No presenta datos atípicos.
- 4.0% adit. – E3.: como la media 311.77 < mediana 312.80, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 19.69. No presenta datos atípicos.
- 4.0% adit. – E4.: como la media 350.88 > mediana 349.65, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 16.50. No presenta datos atípicos.
- 4.0% adit. – E5.: como la media 370.24 > mediana 368.81, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 8.44. No presenta datos atípicos.
- 4.0% adit. – E6.: como la media 393.97 < mediana 396.57, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 11.61. No presenta datos atípicos.

5.5. Resultados de los Ensayos de Resistencia a Flexión para los Grupos de Control y Experimentación de Concreto

Tabla 19

Resultados promedio de la resistencia a flexión e influencia del aditivo en la resistencia para los grupos de control y experimentación del concreto

RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kg/cm ²)						
EDAD	PATRÓN	% f'c	2.50%	% f'c	4.00%	% f'c
3 DÍAS	33.57	99.00%	34.80	102.62%	35.33	104.19%
7 DÍAS	37.84	111.59%	36.72	108.29%	35.34	104.22%
28 DÍAS	33.91	100.00%	33.51	98.82%	35.20	103.80%
60 DÍAS	37.92	111.83%	40.27	118.76%	39.74	117.19%
90 DÍAS	45.58	134.41%	46.98	138.54%	45.10	133.00%
180 DÍAS	50.16	147.92%	51.33	151.37%	48.18	142.08%

Figura 20

Resultados promedio de la resistencia a flexión o Módulo de Rotura (Kg/cm²) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada edad

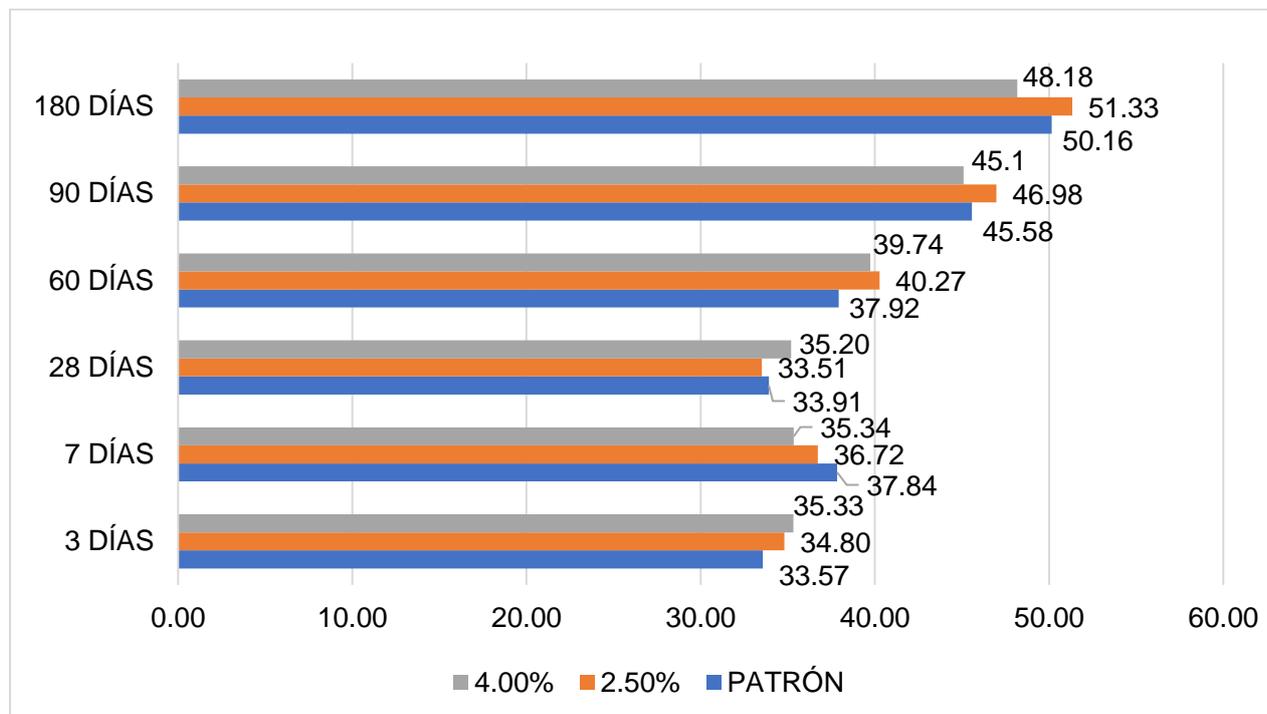
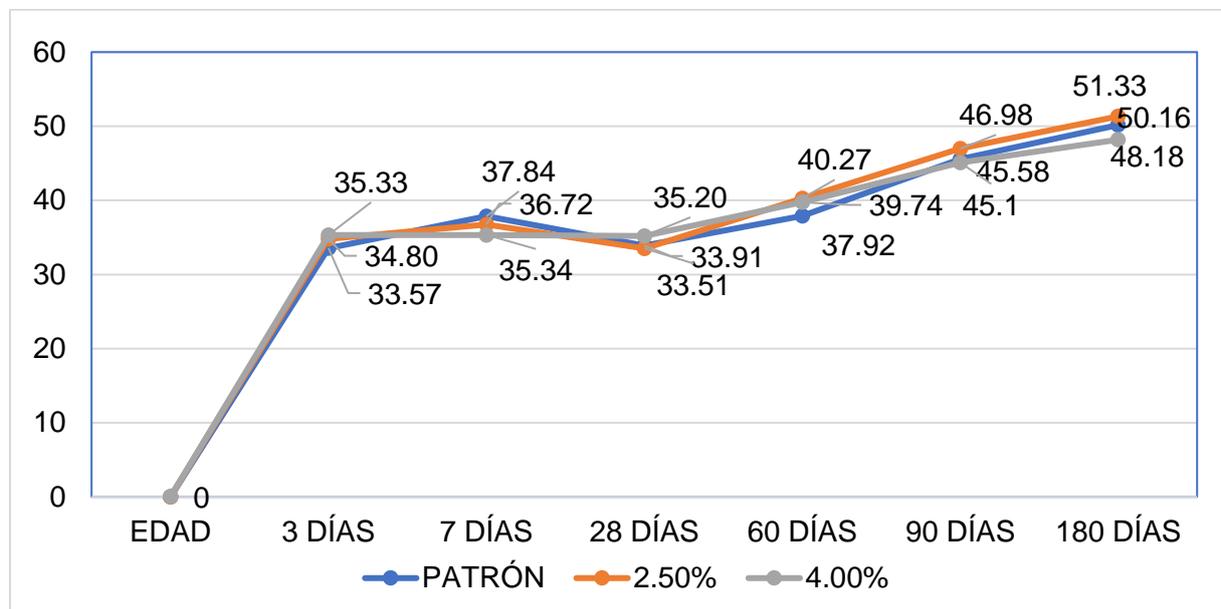


Figura 21

Resultados promedio de la resistencia a flexión o Módulo de Rotura (Kg/cm^2) para los grupos de control y experimentación del concreto para cada tipo



Se registraron los datos durante el ensayo de resistencia a flexión para las edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días. Donde se tomaron medidas como la longitud, la base, la altura, el estado de humedad y defectos de los especímenes, además de registrar la carga última de rotura y el tipo de rotura de acuerdo a la NTP 339.078, tal como se visualiza en el Apéndice E.

5.6. Análisis, Interpretación y Discusión de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a Flexión

En la Tabla 20, Figura 20 y 21 se visualizan los promedios de los resultados de resistencia a flexión, donde se observa un cambio de la resistencia a flexión a través del tiempo; sin embargo, se destaca que el uso de aditivo en diferentes dosificaciones solo tiene impacto positivo en el concreto a los 3 días, mientras que a los 7, 28, 60, 90 y 180 días el concreto patrón o grupo de control muestra una resistencia a compresión mayor.

A los 3 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del 3.62% en el concreto con 2.50% de aditivo; y un incremento del 5.19% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 7 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es negativa, con una disminución del -3.30% en el concreto con 2.50% de aditivo; y una disminución del -7.37% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 28 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es negativa, con una disminución del -1.18% en el concreto con 2.50% de aditivo; y positiva, con un incremento del 3.80% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 60 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del 6.93% en el concreto con 2.50% de aditivo; y un incremento del 5.36% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 90 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del 4.13% en el concreto con 2.50% de aditivo; y negativa, con una disminución del -1.41% en el concreto con 4.00% de aditivo.

A los 180 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del 3.45% en el concreto con 2.50% de aditivo; y negativa, con una disminución del -5.84% en el concreto con 4.00% de aditivo.

5.7. Contrastación de Hipótesis

En los resultados de las resistencias mecánicas de compresión y flexión, la influencia del aditivo acelerante Sikacem Acelerante PE, ha tenido un comportamiento similar en ambas resistencias del concreto.

En el caso de la resistencia a la compresión solo influyó en más del 1.00% a la edad de 3 días, mientras que, en las edades de 7, 28, 60, 90 y 180 días influyó negativamente; siendo la mínima resistencia de 205.50 Kg/cm² en el concreto patrón a los 3 días, un 59.25% del f'c obtenido a los 28 días del concreto patrón con el valor de 346.84 Kg/cm², y la máxima resistencia de 443.64 Kg/cm² en el concreto patrón a los 180 días, un 127.94% del f'c.

En el caso de la resistencia a la flexión solo influyó en más del 1.00% a la edad de 3, 60, 90 y 180 días para la dosificación del 2.50% de aditivo, mientras que, en las edades de 7, 28, 60, 90 y 180 días influyó negativamente para la dosificación del 4.00%; siendo la mínima resistencia de 33.51 Kg/cm² del concreto con 2.50% de aditivo a los 28 días, un 98.82% del MR obtenido a los 28 días del concreto patrón con el valor de 33.91 Kg/cm², y la máxima resistencia de 51.33 Kg/cm² perteneciente al concreto con 2.50% de aditivo a los 180 días, un 151.37% del f'c.

Al ser la hipótesis: *El uso del aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en distintas proporciones, influye en más del 1.00% en las resistencias mecánicas de concreto de f'c 280 Kg/cm², para diferentes edades (3, 7, 28, 60, 90 y 180 días), se rechaza.*

CONCLUSIONES

- La influencia del aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en las resistencias mecánicas de concreto $f'c$ 280 Kg/cm², es mayor al 1.00% solo a la edad de 3 días, y es menor al 1.00% en las edades de 7, 28, 60, 90 y 180 días.
- La resistencia a compresión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm², en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días es de 205.50, 282.38, 346.84, 407.30, 408.29 y 443.74 Kg/cm² respectivamente.
- La resistencia a compresión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm² elaborado con aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en proporción de 2,50%. en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días es de 215.91, 277.10, 335.99, 393.98, 393.05 y 412.68 Kg/cm² respectivamente. Y la resistencia a compresión del concreto $f'c$ de 280 Kg/cm² elaborado con aditivo acelerante SikaCem Acelerante PE en proporción de 4,00%, en edades de 3, 7, 28, 60, 90 y 180 días es de 218.41, 257.86, 311.77, 350.87, 370.24 y 393.97 Kg/cm² respectivamente
- A los 3 días, la influencia del aditivo acelerante en la resistencia a compresión del concreto es positiva, con un incremento del +3.00% y +3.72% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 7 días, la influencia del aditivo acelerante en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -1.53% y -7.07% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 28 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -3.13% y -10.11% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 60 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -3.84% y -16.27% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 90 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la compresión, es negativa, con una disminución del -4.41% y -10.97% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 180 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la

compresión, es negativa, con una disminución del -8.96% y -14.35% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente.

- A los 3 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del +3.62% y +5.19% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 7 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es negativa, con una disminución del -3.30% y -7.37% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 28 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es negativa, con una disminución del -1.18%; y positiva, con un incremento del +3.80% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 60 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del +6.93% y +5.36% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 90 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del +4.13%; y negativa, con una disminución del -1.41% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente. A los 180 días, la influencia del aditivo en la resistencia a la flexión, es positiva, con un incremento del +3.45%; y negativa, con una disminución del -5.84% para el 2.50% y 4.00% de aditivo respectivamente.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Es recomendable emplear los aditivos acelerantes preferentemente cuando haya la necesidad de obtener el desarrollo de resistencias mecánicas más elevadas dentro de los 3 primeros días de edad del concreto en estado endurecido.
- Se sugiere estudiar el desarrollo de las resistencias mecánicas considerando lapsos de 12 horas durante los primeros días de edad del concreto en estado endurecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Urbina, L. y Olivera Martinez, Y. (2021). *Análisis comparativo del uso de aditivos químicos, orgánicos e inorgánicos para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $F'C=210 \text{ kg/cm}^2$, Cajamarca 2021*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/31295>
- Alhozaimy, A., Fares, G., & Al-Negheimish, A. (2020). Performance of concrete with set-accelerating admixtures under different curing regimes. *Construction and Building Materials*, 260, 119907. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119907>
- Arenas Condori, J. T. (2022). *Análisis de la influencia de acelerantes de fragua y resistencia en las propiedades mecánicas del concreto convencional, Puno 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98184>
- Bernal Díaz, D. (2017). *Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1233>
- Bravo, J., y Palma, J. (2022). *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110068>
- Cueva Camaque, D. D., & Miñano Salazar, D. J. (2024). *Influencia del tipo de acelerante en la pérdida de trabajabilidad, resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de un concreto convencional, Trujillo 2023* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/36771>
- Giraldo Antunez, J. G. (2019). *Resistencia a la compresión y flexión de concreto con 10% y 20% de fibras de caucho reducido*. [Tesis para obtener el título profesional de ingeniero

civil. Universidad San Pedro. Huaraz, Perú.

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14307>

Gómez, V.; Saldaña Núñez, Q. y Hilmer, J. (2019). *Influencia de tres aditivos acelerantes en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y 210 Kg/cm^2* . [Artículo científico, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Mazonas]. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 17-23, jan. 2021. ISSN 2414-8822. [consulta: mayo de 2022]. DOI: <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v2i3.599>. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/599>.

González-Torre, P. L., Coz-Díaz, A., & Álvarez-Gil, M. J. (2018). Accelerating admixtures in concrete: State of the art and applications. *Construction and Building Materials*, 167, 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.034>

Hernández Mora, L., Muñoz Umaña, F. y Rodríguez Rojas, E. (2019). *Resistencia a compresión versus tiempo de curado de concreto hidráulico a partir de cementos modificados*. [Artículo científico, Universidad de Costa Rica]. *Métodos & Materiales Vol. 9*. <https://doi.org/10.15517/mym.v9i0.36101>

Koehn, C., & Erdem, S. (2020). Effects of environmental conditions on concrete performance: A review. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(6), 04020139. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003214](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003214)

Kwak, Y. H., & Lee, H. J. (2019). Influence of admixture type and dosage on compressive and flexural strength development in cold-weather concreting. *Construction and Building Materials*, 222, 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.150>

Li, W., Wang, K., & Wang, X. (2019). Global trends in concrete materials research: A bibliometric analysis. *Materials*, 12(24), 4023. <https://doi.org/10.3390/ma12244023>

- Mora-Ruiz, P., Flores, I., & Calderón, A. (2020). Evaluación del desempeño mecánico y durabilidad de concretos con aditivos acelerantes en condiciones ambientales extremas. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Civil*, 9(2), 157-168. <https://doi.org/10.24275/uam/riic2020/mora>
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Masías-Mogollón, K. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3484>
- Reyes, D. y Terrel, T. (2019). *Estudio del Efecto del Aditivo Acelerante sobre el Concreto, Relacionado a su Resistencia a Compresión, Temperatura Ambiente de 0°C*. [Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47849>
- Rivva López, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. (2da Ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rivva López, E. (2014). *Materiales para el Concreto*. (3ra Ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Safiuddin, M., & Hearn, N. (2018). Effect of chemical admixtures on the long-term strength development of concrete in cold climates. *Advances in Concrete Construction*, 6(4), 337–348. <https://doi.org/10.12989/acc.2018.6.4.337>
- Vargas Salazar, C. (2021). *Estudio Comparativo de la Resistencia a la Compresión a Tempranas Edades de un Concreto $f'c = 300 \text{ Kg/Cm}^2$, Modificado con Aditivo Sika Cem Acelerante Pe– Cajamarca 2018*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4131>
- Vásquez Taico, A. (2024). *Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado*

grueso [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/5287>

Villar Saldaña, D. (2021). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Sikacem Acelerante PE utilizando cementos WP - Wang Peng y Patrón, Cajamarca 2021*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Continental].
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/12492>

Zhang, Y., Li, W., & Wang, K. (2021). Effect of accelerating admixtures on early-age strength and long-term performance of concrete in cold weather conditions. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(5), 04021075. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003682](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003682)

Normas Técnicas

American Concrete Institute (2017). ACI 214 RS-11: *Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto*.

American Concrete Institute (2010). *Guide to Cold Weather Concreting* (ACI 306R-10).
http://dl.mycivil.ir/dozanani/ACI/ACI%20306R-10%20Guide%20to%20Cold%20Weather%20Concreting_MyCivil.ir.pdf

American Society for Testing and Materials (2008). *Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra*. (ASTM C31 – 08a).

ASTM International. (2020). *ASTM C39/C39M-20: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken, PA: ASTM International. https://www.astm.org/c0039_c0039m-20.html

American Society for Testing and Materials (2001). *Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto*. (ASTM C39 – 01).

American Society for Testing and Materials (2010). *Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico*. (ASTM C143 – 10a).

American Society for Testing and Materials (2007). *Especificación Normalizada para Cemento Portland*. (ASTM C150 – 07).

Instituto Nacional de Calidad. (2021). *NTP 400.037: Agregados. Requisitos* (Basado en ASTM C33). Lima, Perú: INACAL

Instituto Nacional de Calidad. (2014). *NTP 400.037: Agregados. Requisitos* (Basado en ASTM C33). Lima, Perú: INACAL.

Instituto Nacional de Calidad. (2018). *NTP 400.012: Concreto. Terminología*. Lima, Perú: INACAL.

Norma Técnica Peruana (2011), *CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura*. (3ra Ed.). (NTP 334.001 2011). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana 339.034.(2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. (4ta Ed.). (NTP 339.034 2015). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. (3ra Ed.). (NTP 339.035 2009). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2012). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. (3ra Ed.). (NTP 339.078 2012). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2019). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. (3ra Ed.). (NTP 339.088 2019). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. (2da Ed.). (NTP 339.185 2013). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. (2da Ed.). (NTP 400.011 2008). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2018). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. (3ra Ed.). (NTP 400.012 2018). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. (3ra Ed.). (NTP 400.017 2011). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados*. (3ra Ed.). (NTP 400.018 2013). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2018). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. (3ra Ed.). (NTP 400.021 2018). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. (3ra Ed.). (NTP 400.022 2013). INDECOPI.

Norma Técnica Peruana (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*. (4ta Ed.). (NTP 400.037 2018). INDECOPI.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2020). *Norma E.060 Concreto armado*. SENCICO.

APÉNDICES

Apéndice A. Diseño de mezcla de prueba para los grupos de control y experimentación de concreto

Tabla 20

Diseño de mezcla de prueba para concreto de 280 Kg/cm²

ASENTAMIENTO =	3" - 4"	VACÍOS =	41.063
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =	205 Lt/m ³	VACIOS POR CORREGIR =	6.063
AIRE TOTAL (%) =	2.0	FCORR. MC=	0.121
RELACION A/Mc =	0.689		
CEMENTO =	297.50 Kg/m ³	7.00 Bolsas/m ³	
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:		MODULO DE COMBINACION:	5.040
CEMENTO =	0.095659 m ³	MODULO DE COMBINACION CORREGIDO:	4.919
AGUA DE MEZCLADO =	0.205 m ³	% AGREGADO FINO =	53.50
AIRE (%) =	0.02 m ³	% AGREGADO GRUESO =	46.50
SUMA =	0.320659 m ³		
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.679341 m ³	APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
		APORTE AF =	28.30
AGREGADO FINO SECO =	956.00 Kg/m ³	APORTE AG =	-7.81
AGREGADO GRUESO SECO =	824.00 Kg/m ³	TOTAL =	20.49
MATERIALES DE DISEÑO		MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	
CEMENTO	297.5 Kg	CEMENTO	297.5 Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00 Lt	AGUA EFECTIVA	184.5 Lt
AGREGADO FINO SECO	956.00 Kg	AGREGADO FINO HUMEDO	996.73 Kg
AGREGADO GRUESO SECO	824.00 Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO	826.07 Kg
AIRE TOTAL	2.00 %	AIRE TOTAL	2.00 %

Apéndice B. Presentación de los resultados del ensayo a compresión a los 7 días de los especímenes de concreto de prueba

Tabla 21

Resultados % de diseño $f'c=280$ Kg/Cm² de especímenes de concreto ensayados a los 7 días

	Diámetro (cm)	Relación A/C	Slump (pulg.)	Área prom. (cm ²)	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Promedio (Kg/cm ²)	% diseño (7 días)	f'c (al 70%) 28 días proy.	f'c (al 67%) 28 días proy.	Desv. Est. y Coef. Variación
1	15.01			176.83	35656	201.64					
2	15.06	0.689	2.5	178.13	35893	201.5	200.39	71.57%	286.27	299.09	2.464
3	15.03			177.3	35111	198.03					1.02%
1	15.03	0.65(+175 mL)	3	177.3	36368	205.12	207.4	74.07%	296.28	309.55	7.0535
2	15.05			177.95	35905	201.77					
3	15.04			177.66	38252	215.31					
1	15.03			177.42	39738	223.98					
2	15.07	0.689	4	178.37	40763	228.53	224.39	80.14%	320.56	334.91	3.9509
3	15.08			178.55	39399	220.67					1.76%
1	15.05	0.6 (-300 mL)	3	177.84	51929	292.01	295.73	105.62%	422.48	441.39	7.3502
2	15.07			178.43	54277	304.2					
3	15.07			178.43	51921	290					

Interpolando la relación Agua/Cemento empleadas en los 4 diseños, se obtiene que la relación Agua/Cemento a emplear para la muestra total del Grupo de Control y los Grupos Experimentales de esta investigación, será de 0.689.

Apéndice C. Propiedades de los agregados empleados en el diseño y elaboración de mezclas

AGREGADO GRUESO – PIEDRA CHANCADA
CANTERA: “HERMANOS ALAYA”

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL
AGUA

Peso de la fiola en (g) =	191.98
Peso de la fiola +agua (g) =	689.5
Volumen de la fiola (cm ³) =	500.00
Peso especifico (g/cm ³) =	0.99504
P.e en (Kg/m ³) =	995.04

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	4226.00
Peso del Molde +Agua (g) =	13558.00
Peso Agua (Kg) =	9.3320
f (1/m ³) =	106.627

1.00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	4228.00	4228.00	4228.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	17562.00	17537.00	17559.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	13334.00	13309.00	13331.00	
1.05	Factor (f)	1/m ³	106.627	106.627	106.627	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.422	1.419	1.421	1.421
	Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1422	1419	1421	1421

2.00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	4228.00	4228.00	4228.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	18542.00	18675.00	18747.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	14314.00	14447.00	14519.00	
2.04	Factor (f)		106.627	106.627	106.627	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.526	1.540	1.548	1.538
	Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1526	1540	1548	1538

3.00 Peso Específico - ASTM C -127 / MTC E 206 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2643.00	2644.00	2646.00	
3.02	Peso de canastilla sumergida	g	778.00	778.00	778.00	
3.03	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
3.04	Peso de la muestra secada al horno	g	2964.00	2962.00	2965.00	
3.05	Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1865.00	1866.00	1868.00	
	Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.611	2.612	2.619	2.610
	Peso Específico de Masa Saturado	g/cm ³	2.643	2.646	2.650	2.650
	Superficialmente Seco					
	Peso Específico de Aparente	g/cm ³	2.697	2.703	2.703	2.700

4.00 Absorción (%) ASTM C -127 / MTC E 206 / NTP 400.021

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	2964.00	2962.00	2965.00	
	Absorción (%)	%	1.215	1.283	1.180	1.200

5.00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 215 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	133.00	112.00	112.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	3250.00	2757.00	3077.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	3242.00	2751.00	3069.00	
	Contenido de Humedad	W %	0.26	0.23	0.27	0.25

Análisis Granulométrico de Agregado Grueso ASTM C136

Peso Seco Inicial = 8189.00
 PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. 9.00
 (MALLA N° 200) =

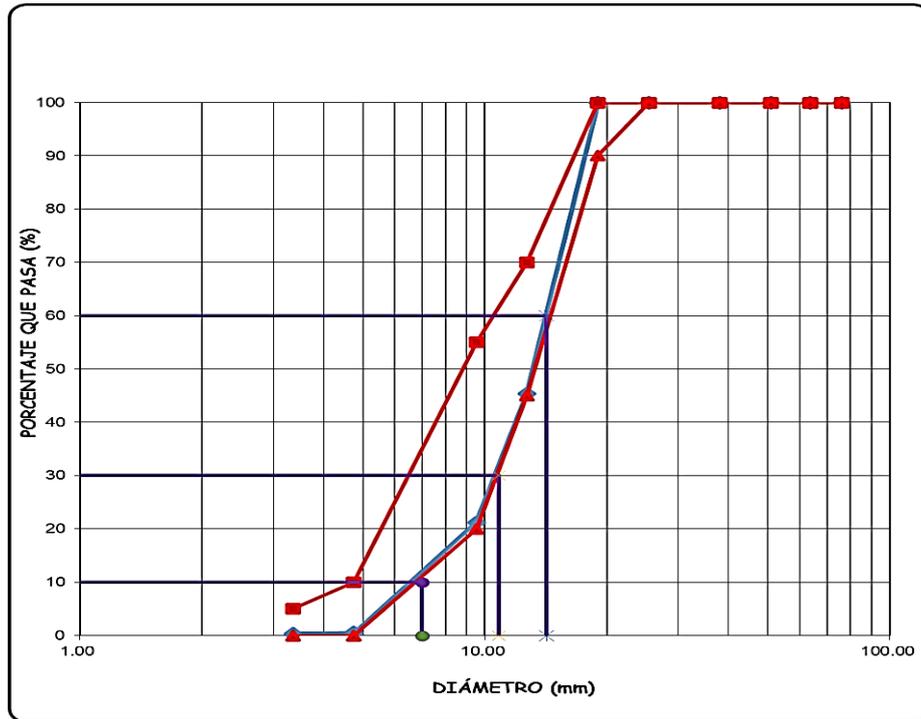
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	4476.00	54.66	54.66	45.34
⅜"	9.53	2278.00	27.82	82.48	17.52
N°4	4.75	1393.00	17.01	99.49	0.51
N°8	3.36	13.00	0.16	99.65	0.35
N 16	1.18	13.00	0.16	99.80	0.20
N 30	0.60	1.00	0.01	99.82	0.18
N 50	0.30	0.00	0.00	99.82	0.18
N 100	0.15	2.00	0.02	99.84	0.16
N 200	0.075	4.00	0.05	99.89	0.11
Cazoleta	--	9	0.11	100.00	0.00
TOTAL		8189.00			

MÓDULO DE FINURA =

6.809

Figura 22

Curva de distribución granulométrica para el agregado grueso



6 .00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	2971.00	2983.00	2973.00	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	29.00	17.00	27.00	
	% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.967%	0.567%	0.900%	0.80%

7.00 Ensayo de abrasión ASTM C131

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3733	3744	3758
$\% \text{ Desg.} = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				25.34	25.12	24.84
Abrasión % Desgaste Promedio				25.00		

AGREGADO FINO – ARENA DE RÍO
CANTERA: "HERMANOS ALAYA"

A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

Peso de la fiola en (g) =	191.98
Peso de la fiola en (g) =	689.5
Volumen de la fiola (cm3) =	500
Peso especifico (g/cm3) =	0.99504
P.e en (Kg/m3) =	995.04

B) CALCULO DEL Factor f

Peso del Molde (g) =	1995.45
Peso del Molde +Agua (g) =	4816
Peso Agua (Kg) =	2.82055
f (1/m3) =	352.78

1 .00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso del recipiente	g	1997.00	1997.00	1997.00	
1.03	Peso de muestra suelta + recipiente	g	7001.00	7011.00	7020.00	
1.04	Peso de la muestra suelta	g	5004.00	5014.00	5023.00	
1.05	Factor (f)		352.782	352.782	352.782	
1.06	Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.765	1.769	1.772	1.769
	Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1765	1769	1772	1769

2.00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
2.01	Peso del recipiente	g	1997.00	1997.00	1997.00	
2.02	Peso de muestra Compactada + recipiente	g	7332.00	7314.00	7312.00	
2.03	Peso de la muestra suelta	g	5335.00	5317.00	5315.00	
2.04	Factor (f)	1/m ³	352.782	352.782	352.782	
2.05	Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.882	1.876	1.875	1.878
	Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1882	1876	1875	1878

3.00 Peso Específico / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 205.

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
3.01	Peso de fiola	g	191.98	191.98	191.98	
3.02	Peso de la fiola +agua hasta menizco	g	689.50	689.50	689.50	
3.03	peso de la fiola +agua + muestra	g	1004.2	1003.9	1003.7	
3.04	Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
3.05	Peso de la muestra secada al horno	g	493.71	493.55	493.68	
3.06	volumen de agua añadida al frasco (g)	g	312.22	311.92	311.72	
	Peso Específico de Masa	g/m ³	2.629	2.624	2.622	2.630
	Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/m ³	2.663	2.658	2.656	2.660
	Peso Específico de Aparente	g/m ³	2.720	2.717	2.713	2.720

4.00 Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 205

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
4.01	Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
4.02	Peso de la muestra secada al horno	g	493.71	493.55	493.68	
	Absorción (%)	%	1.274	1.307	1.280	1.300

5.00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 215 / NTP 339.185

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
5.01	Peso del Recipiente	g	362.00	359.00	355.00	
5.02	Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	6539.00	5753.00	5898.00	
5.03	Peso del Recipiente + muestra seca	g	6289.00	5528.00	5674.00	
	Contenido de Humedad	W %	4.22	4.35	4.21	4.26

6.00 Ensayo Particulas < N° 200 para el Agregado Fino

Ítem	Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
1.01	Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
1.02	Peso de la muestra Lavada	g	489.83	487.95	488.78	
1.03	Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	10.17	12.05	11.22	
	Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	2.034%	2.410%	2.244%	2.20%

Análisis Granulométrico De Agregado Fino: A.S.T.M. C 136

Peso Seco Inicial = 1100.00

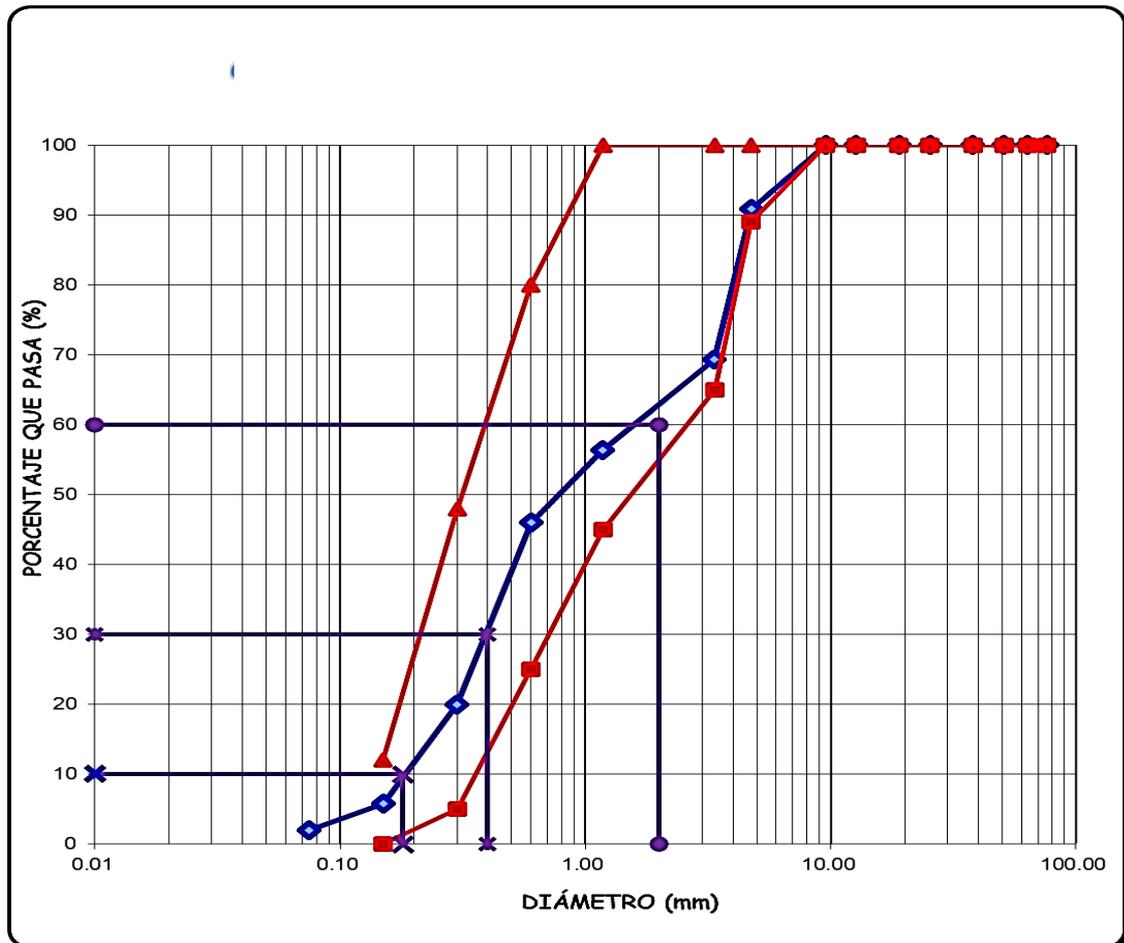
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm.
(MALLA N° 200) = 20.30

N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	155.24	14.11	14.11	85.89
N°8	3.36	223.19	20.29	34.40	65.60
N 16	1.18	135.49	12.32	46.72	53.28
N 30	0.60	108.24	9.84	56.56	43.44
N 50	0.30	271.12	24.65	81.21	18.79
N 100	0.15	146.40	13.31	94.52	5.48
N 200	0.075	40.02	3.64	98.15	1.85
Cazoleta	--	20.3	1.85	100.00	0.00
TOTAL		1100.0			

MÓDULO DE FINURA = 3.275

Figura 23

Curva de distribución granulométrica para el agregado fino



Apéndice D. Resultados de Ensayo de Resistencia a Compresión

Figura 24

Instrumento de recopilación de información para la resistencia a compresión

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Tesis: Influencia del aditivo acelerante Sikacem Acelerante PE en las resistencias mecánicas del concreto a diferentes edades

Maestría: Ing. Hansel Leonardo Peralta Quiroz

Asesor: Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Laboratorio: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO: **A**

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO: **B**

CEMENTO: **C**

DOSIFICACIÓN: **D**

ASENTAMIENTO

SIN ADITIVO: **E**

CON ADITIVO: **F**

FECHA DE MUESTREO **G**

FECHA DE ENSAYO: **H**

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro (cm)				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fractura
				1	2	3	4				
I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P			

Figura 25

Instrumento de recopilación de información para la resistencia a flexión

FICHA DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Tesis: Influencia del aditivo acelerante Sikacem Acelerante PE en las resistencias mecánicas del concreto a diferentes edades

Maestría: Ing. Hansel Leonardo Peralta Quiroz

Asesor: Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Laboratorio: GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:

A

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:

B

CEMENTO:

C

DOSIFICACIÓN:

D

ASENTAMIENTO:

E

FECHA DE MUESTREO

F

FECHA DE ENSAYO:

G

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:

H

Modificaciones en el testigo:

I

Defectos visibles en el testigo:

J

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):

K

Ancho promedio (b) [mm]

L

Peralte promedio (h) [mm]

M

Longitud de viga [mm]

N

Luz libre entre apoyos (L) [mm]

Ñ

Carga máxima (P) [kN]

O

Tipo de Falla

P

Excentricidad de línea de falla (a) [mm]

Q

Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm²]

R

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio
de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio
medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO SIN ADITIVO:	3.5" CON ADITIVO: 3"
FECHA DE ELABORACIÓN:	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	06/10/2023

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fractura
				1	2	3	4				
1	280	PATRÓN E1-1	3	15.08	15.11	15.04	15.02	12882	30.3	370.87	3
2	280	PATRÓN E1-2	3	15.00	15.06	15.03	15.01	12757	30.0	356.32	2
3	280	PATRÓN E1-3	3	15.05	15.18	15.22	15.12	12799	29.9	349.8	3
4	280	PATRÓN E1-4	3	15.00	15.08	14.95	14.96	12669	30.3	359.16	3
5	280	PATRÓN E1-5	3	15.11	15.12	15.16	15.12	12735	30.2	361.23	3
6	280	4% E1-1	3	14.91	15.28	14.96	15.25	12456	30.0	373.93	3
7	280	4% E1-2	3	15.19	14.96	15.20	14.98	12418	30.1	378.34	3
8	280	4% E1-3	3	14.96	15.23	15.00	15.19	12560	30.2	387.33	3
9	280	4% E1-4	3	15.09	14.85	15.10	14.90	12433	30.2	381.17	2
10	280	4% E1-5	3	14.96	15.27	15.01	15.21	12517	30.3	390.67	3

N°	f'c (Kg/cm2)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro				Peso	Altura	Carga de Rotura	Tipo de Fractura
				(cm)							
				1	2	3	4	(gr)	(cm)	(KN)	
1	280	2.5% E1-1	3	15.28	15.2	15.11	15.08	12497	30.1	372.60	2
2	280	2.5% E1-2	3	14.98	15.12	14.97	15.13	12441	30.1	391.81	5
3	280	2.5% E1-3	3	14.89	15.14	15.14	15.06	12502	30.3	367.24	5
4	280	2.5% E1-4	3	15.02	15.16	14.98	15.01	12600	30.3	383.36	5
5	280	2.5% E1-5	3	14.98	14.97	15.04	15.05	12482	30.2	372.12	5

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO SIN ADITIVO:	3.5" CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	10/10/2023

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N° DÍAS	Diámetro				Peso	Altura	Carga de Rotura	Tipo de Fract
				(cm)							
				1	2	3	4	(gr)	(cm)	(KN)	
1	280	PATRÓN E2-1	7	14.96	15.19	15.00	15.04	12433	30.0	491.62	5
2	280	PATRÓN E2-2	7	15.13	15.21	15.20	15.23	12819	30.1	497.50	5
3	280	PATRÓN E2-3	7	15.14	15.02	14.97	15.03	12525	30.3	492.66	3
4	280	PATRÓN E2-4	7	15.23	15.20	14.90	15.18	12607	30.1	495.34	3
5	280	PATRÓN E2-5	7	15.22	14.98	15.18	15.10	12609	29.9	504.19	3
6	280	4% E2-1	7	15.20	15.09	15.11	15.02	12402	30.0	449.44	3
7	280	4% E2-2	7	15.19	15.04	15.27	15.19	12476	30.3	458.96	2
8	280	4% E2-3	7	15.20	15.21	15.21	15.07	12424	30.2	456.90	2
9	280	4% E2-4	7	15.06	15.22	15.11	15.27	12497	30.1	471.90	3
10	280	4% E2-5	7	15.21	15.12	14.94	15.21	12533	30.3	441.21	3

N°	f'c (Kg/cm2)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro (cm)				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fractura
				1	2	3	4				
1	280	2.5% E2-1	7	15.09	15.04	12.12	15.13	12367	30.1	469.27	5
2	280	2.5% E2-2	7	15.03	15.13	15.09	15.11	12588	30.2	494.01	3
3	280	2.5% E2-3	7	15.07	14.94	15.23	14.98	12357	30.1	438.36	5
4	280	2.5% E2-4	7	15.21	14.97	15.04	15.03	12387	30.0	506.25	5
5	280	2.5% E2-5	7	15.02	15.19	15.02	15.21	12446	30.1	469.38	5

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO SIN ADITIVO:	3.5" CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	31/10/2023

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N° DÍAS	Diámetro				Peso	Altura	Carga de Rotura	Tipo de Fract
				(cm)							
				1	2	3	4	(gr)	(cm)	(KN)	
1	280	PATRÓN E3-1	28	15.01	15.16	15.18	14.96	12561	30.3	632.05	3
2	280	PATRÓN E3-2	28	15.18	15.13	15.12	14.94	12652	30.2	613.06	5
3	280	PATRÓN E3-3	28	15.12	15.03	15.12	15.00	12631	30.4	596.39	5
4	280	PATRÓN E3-4	28	15.12	15.08	15.12	15.20	12686	30.4	592.24	5
5	280	PATRÓN E3-5	28	15.11	15.10	15.14	15.03	12633	30.33	608.44	3
6	280	4% E3-1	28	15.19	15.00	15.10	15.04	12674	30.4	520.39	3
7	280	4% E3-2	28	14.99	15.31	15.10	14.95	12349	30.2	548.41	3
8	280	4% E3-3	28	14.84	15.00	15.49	14.87	12343	30.1	571.79	3
9	280	4% E3-4	28	15.10	15.12	15.20	15.14	12507	30.3	540.80	3
10	280	4% E3-5	28	15.17	15.09	15.08	15.12	12391	30.5	554.21	3

N°	f'c (Kg/cm2)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro (cm)				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fractura
				1	2	3	4				
1	280	2.5% E3-1	28	15.09	15.12	15.18	15.10	12476	30.2	597.73	5
2	280	2.5% E3-2	28	15.02	15.13	15.23	15.06	12653	30.4	568.25	2
3	280	2.5% E3-3	28	14.95	15.20	15.1	14.96	12381	30.5	588.16	2
4	280	2.5% E3-4	28	15.10	15.18	14.95	15.13	12481	30.4	613.97	2
5	280	2.5% E3-5	28	14.98	15.00	15.12	15.06	12446	30.0	575.59	5

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO SIN ADITIVO:	3.5" CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	31/10/2023

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N° DÍAS	Diámetro				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fract
				(cm)							
				1	2	3	4				
1	280	PATRÓN E4-1	60	15.21	15.08	15.00	15.14	12491	30.1	714.94	3
2	280	PATRÓN E4-2	60	14.93	15.19	15.17	15.12	12559	30.1	702.18	2
3	280	PATRÓN E4-3	60	15.1	15.12	15.19	14.91	12397	30.2	728.04	2
4	280	PATRÓN E4-4	60	15.19	15.04	14.93	15.21	12521	30.2	708.53	3
5	280	PATRÓN E4-5	60	15.05	15.01	15.13	15.20	12552	30.10	720.83	3
6	280	4% E4-1	60	15.09	15.12	15.10	15.11	12356	30.0	634.69	2
7	280	4% E4-2	60	15.10	15.12	15.37	15.04	12407	30.3	618.73	3
8	280	4% E4-3	60	14.98	15.12	15.12	15.04	12375	30.3	594.11	3
9	280	4% E4-4	60	15.29	15.09	15.04	15.31	12470	30.1	614.26	3
10	280	4% E4-5	60	15.03	15.03	15.19	15.11	12339	30.3	627.34	3

N°	f'c (Kg/cm2)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro				Peso	Altura	Carga de Rotura	Tipo de Fractura
				(cm)							
				1	2	3	4	(gr)	(cm)	(KN)	
1	280	2.5% E4-1	60	15.00	15.18	15.20	14.95	12187	30.2	684.36	3
2	280	2.5% E4-2	60	14.98	15.03	14.95	15.26	12238	30.3	695.83	5
3	280	2.5% E4-3	60	15.12	15.08	14.93	15.3	12291	30.2	695.59	5
4	280	2.5% E4-4	60	15.26	14.83	15.23	14.91	12225	30.3	697.75	3
5	280	2.5% E4-5	60	15.16	15.07	14.87	15.11	12157	30.3	672.65	5

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO SIN ADITIVO:	3.5" CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	31/10/2023

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N° DÍAS	Diámetro				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fract
				(cm)							
				1	2	3	4				
1	280	PATRÓN E5-1	90	15.13	15.19	15.07	15.16	12560	30.2	705.86	3
2	280	PATRÓN E5-2	90	14.96	15.33	15.04	15.5	12513	30.3	727.95	3
3	280	PATRÓN E5-3	90	15.10	15.07	15.07	15.04	12431	30.3	711.38	5
4	280	PATRÓN E5-4	90	14.91	15.35	14.80	15.10	12522	30.3	723.00	3
5	280	PATRÓN E5-5	90	15.04	15.12	15.04	15.03	12382	30.0	718.01	3
6	280	4% E5-1	90	15.14	15.21	15.28	15.23	12340	30.6	662.08	3
7	280	4% E5-2	90	15.10	15.04	15.09	15.15	12210	30.0	645.38	2
8	280	4% E5-3	90	14.96	15.19	15.20	15.15	12317	30.3	649.83	3
9	280	4% E5-4	90	15.10	15.02	14.98	15.18	12196	30.3	638.48	3
10	280	4% E5-5	90	15.17	14.99	15.29	14.89	12372	30.3	663.03	3

N°	f'c (Kg/cm2)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro				Peso	Altura	Carga de Rotura	Tipo de Fractura
				(cm)							
				1	2	3	4	(gr)	(cm)	(KN)	
1	280	2.5% E5-1	90	15.10	15.18	15.09	15.09	12450	30.2	702.58	5
2	280	2.5% E5-2	90	14.90	15.28	15.03	15.02	12219	30.3	693.86	5
3	280	2.5% E5-3	90	15.30	15.03	15.18	15.08	12383	30.4	674.47	2
4	280	2.5% E5-4	90	14.89	15.22	14.93	15.08	12293	30.0	678.77	3
5	280	2.5% E5-5	90	14.93	15.18	15.12	15.11	12335	30.2	695.33	5

ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

(A.S.T.M. C 39 - N.T.P. 339.034)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO SIN ADITIVO:	3.5" CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	01/04/2024

N°	f'c (Kg/cm ²)	CODIFICACIÓN	N° DÍAS	Diámetro				Peso (gr)	Altura (cm)	Carga de Rotura (KN)	Tipo de Fract
				(cm)							
				1	2	3	4				
1	280	PATRÓN E6-1	180	15.1	14.98	15.01	15.11	12403	30.2	777.06	3
2	280	PATRÓN E6-2	180	14.9	15.02	15.15	15.28	12389	30.1	810.05	5
3	280	PATRÓN E6-3	180	14.90	15.12	14.89	15.20	12436	30.3	760.11	2
4	280	PATRÓN E6-4	180	14.93	15.20	15.08	15.20	12543	30.4	748.20	5
5	280	PATRÓN E6-5	180	15.10	15.10	15.08	15.01	12455	30.2	782.45	3
6	280	4% E6-1	180	15.12	15.01	15.17	15.12	12272	30.1	696.91	3
7	280	4% E6-2	180	15.16	15.3	15.11	15.23	12373	30.0	706.33	5
8	280	4% E6-3	180	14.98	15.30	15.18	15.08	12268	30.1	708.06	5
9	280	4% E6-4	180	15.12	14.95	15.07	15.25	12295	30.3	686.49	5
10	280	4% E6-5	180	14.95	15.11	15.06	15.09	12202	30.3	670.14	5

N°	f'c (Kg/cm2)	CODIFICACIÓN	N°DÍAS	Diámetro				Peso	Altura	Carga de Rotura	Tipo de Fractura
				(cm)							
				1	2	3	4	(gr)	(cm)	(KN)	
1	280	2.5% E6-1	180	15.12	15.1	14.98	15.15	12301	30.3	730.32	5
2	280	2.5% E6-2	180	14.95	15.03	15.28	15.08	12255	30.2	748.13	3
3	280	2.5% E6-3	180	15.09	15.08	15.09	15.15	12173	30.2	706.39	3
4	280	2.5% E6-4	180	15.11	15.06	15.19	15.08	12109	30.1	690.44	5
5	280	2.5% E6-5	180	15.03	14.93	15.09	15.09	12244	30.2	740.46	3

Apéndice E. Resultados de Ensayo de Resistencia a Flexión

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	06/10/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	P E1-1	P E1-2	P E1-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.13 15.36	15.73 15.39	15.43 15.38
Peralte promedio (h) [mm]	15.27 15.22	15.15 15.14	15.21 15.18
Longitud de viga [mm]	55.2 51.1	50.1 55.5	52.65 53.3
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	24.78	27.25	26.02
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	37.91	41.11	39.52

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO: 3.5"
FECHA DE MUESTREO:	13/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	16/10/2023

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	2.5% E1-1	2.5% E1-2	2.5% E1-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.01 15.07	15.03 15.06	15.02 15.07
Peralte promedio (h) [mm]	15.34 15.28	15.21 15.27	15.28 15.28
Longitud de viga [mm]	50.4 50.4	50.3 51.5	50.4 51.0
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	26.54	26.7	26.6
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	38.69	39.66	39.17

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO: 3.5"
FECHA DE MUESTREO:	04/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	07/10/2023

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	4% E1-1	4% E1-2	4% E1-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.28	15.21	15.35 15.43 15.32 15.32
Peralte promedio (h) [mm]	15.24	15.19	15.3 15.38 15.27 15.29
Longitud de viga [mm]	50.4	50.5	50.3 50.4 50.4 50.5
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	24.32	30.78	27.55
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	35.45	43.64	39.60

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	10/10/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	P E2-1	P E2-2	P E2-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.20 15.18	15.14 15.12	15.17 15.15
Peralte promedio (h) [mm]	15.04 15.20	15.45 15.04	15.25 15.12
Longitud de viga [mm]	50.5 50.4	50.4 50.3	50.45 50.35
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	32.91	33.67	33.29
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	48.75	49.16	48.96

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS**

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	13/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	20/10/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	2.5% E2-1	2.5% E2-2	2.5% E2-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.28	15.22	15.57 15.37 15.43 15.3
Peralte promedio (h) [mm]	15.4	15.42	15.4 15.42 15.4 15.42
Longitud de viga [mm]	50.8	50.4	50.6 50.7 50.7 50.6
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	31.07	31.72	31.4
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	44.27	44.60	44.43

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	04/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	11/10/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	4% E2-1	4% E2-2	4% E2-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.5 15.58	15.41 15.54	15.46 15.56
Peralte promedio (h) [mm]	15.21 15.43	15.22 15.41	15.22 15.42
Longitud de viga [mm]	50.3 50.7	50.1 50.6	50.2 50.7
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	28.15	27.89	28.02
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	39.74	39.45	39.60

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	31/10/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	P E3-1	P E3-2	P E3-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.35 15.19	15.00 15.16	15.18 15.18
Peralte promedio (h) [mm]	15.38 15.19	15.4 15.63	15.39 15.41
Longitud de viga [mm]	50.3 50.2	50.4 50.4	50.4 50.3
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	26.67	26.51	26.59
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	38.31	37.53	37.92

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	13/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	10/11/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	2.5% E3-1	2.5% E3-2	2.5% E3-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.12 15.19	15.1 15.27	15.11 15.23
Peralte promedio (h) [mm]	15.45 15.47	15.31 15.39	15.38 15.43
Longitud de viga [mm]	50.1 50.2	50.0 50.1	50.1 50.2
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	22.66	25.02	23.8
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	31.99	35.69	33.83

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO: 3.5"
FECHA DE MUESTREO:	04/10/2023
FECHA DE ENSAYO:	01/11/2023

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	4% E3-1	4% E3-2	4% E3-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.01 15.03	15.3 15.32	15.16 15.18
Peralte promedio (h) [mm]	15.31 15.28	15.68 15.78	15.5 15.53
Longitud de viga [mm]	50.3 50.3	50.2 50.4	50.3 50.4
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	28.57	27.35	27.96
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	41.71	37.03	39.30

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	SIN ADITIVO:	3.5"	CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	P E4-1		P E4-2		P E4-3	
Ancho promedio (b) [mm]	15.37	15.2	15.04	15.1	15.2	15.2
Peralte promedio (h) [mm]	15.35	15.22	15.35	9	1	2
Longitud de viga [mm]	50.3	50.2	50.4	15.6	15.3	15.4
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00		450.00	6	15.4	
Carga máxima (P) [kN]	28.05		31.41	29.73		
Tipo de Falla	A los 2/3		A los 2/3	A los 2/3		
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-		-	-		
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	36.04		39.82	37.91		

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	SIN ADITIVO:	3.5"	CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	13/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	16/12/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	2.5% E4-1	2.5% E4-2	2.5% E4-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.26	15.4	15.03
Peralte promedio (h) [mm]	15.68	15.43	15.49
Longitud de viga [mm]	50.1	50.1	50.2
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	33.14	31.12	32.1
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	41.00	39.53	40.28

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	SIN ADITIVO:	3.5"	CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	04/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	4% E4-1		4% E4-2		4% E4-3	
			15.0	15.2		
Ancho promedio (b) [mm]	15.32	15.17	15.18	3	5	15.1
				15.3	15.5	15.5
Peralte promedio (h) [mm]	15.37	15.67	15.75	9	6	3
Longitud de viga [mm]	50.4	50.4	50.3	50.3	50.4	50.4
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00		450.00		450.00	
Carga máxima (P) [kN]	33.58		29.93		31.76	
Tipo de Falla	A los 2/3		A los 2/3		A los 2/3	
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-		-		-	
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	41.96		37.51		39.74	

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya			
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya			
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I			
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts			
ASENTAMIENTO	SIN ADITIVO:	3.5"	CON ADITIVO:	3"
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023			
FECHA DE ENSAYO:	06/01/2024			

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	P E5-1			P E5-2			P E5-3		
Ancho promedio (b) [mm]	15.03	15.06	15.09	15.22	15.18	15.13	15.13	15.17	15.22
Peralte promedio (h) [mm]	15.9	15.86	15.81	15.78	15.82	15.86	15.36	15.38	15.4
Longitud de viga [mm]	50.1	50.15	50.2	50.1	50.10	50.1	50.1	50.13	50.15
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00			450.00			450.00		
Carga máxima (P) [kN]	35.89			38.05			36.97		
Tipo de Falla	A los 2/3			A los 2/3			A los 2/3		
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-			-			-		
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	43.50			45.97			47.27		

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS**

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	SIN ADITIVO:	3.5"	CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	13/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	16/12/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	2.5% E5-1	2.5% E5-2	2.5% E5-3
Ancho promedio (b) [mm]	15.09	15.11	15.29
Peralte promedio (h) [mm]	15.11	15.17	15.35
Longitud de viga [mm]	50.4	50.6	50.5
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00	450.00	450.00
Carga máxima (P) [kN]	32.38	39.8	36.1
Tipo de Falla	A los 2/3	A los 2/3	A los 2/3
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-	-	-
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	42.93	50.98	47.03

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN
VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	SIN ADITIVO:	3.5"	CON ADITIVO: 3"
FECHA DE MUESTREO:	04/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	4% E5-1		4% E5-2		4% E5-3	
			15.3	15.1	15.1	
Ancho promedio (b) [mm]	15.12	15.06	15.18	1	5	9
					15.4	15.2
Peralte promedio (h) [mm]	15.42	15.23	15.55	15.3	9	7
Longitud de viga [mm]	50.1	50.2	50.1	50.1	50.1	50.2
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00		450.00		450.00	
Carga máxima (P) [kN]	36.66		33.8		35.23	
Tipo de Falla	A los 2/3		A los 2/3		A los 2/3	
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-		-		-	
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	47.47		42.76		45.09	

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS**

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	04/04/2024		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	P E6-1			P E6-2			P E6-3		
Ancho promedio (b) [mm]	15.45	15.44	15.42	15.52	15.48	15.43	15.49	15.35	15.22
Peralte promedio (h) [mm]	15.4	15.30	15.19	15.53	15.50	15.46	15.36	15.38	15.4
Longitud de viga [mm]	50.3	50.50	50.7	50.8	50.90	51	50.6	50.70	50.85
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00			450.00			450.00		
Carga máxima (P) [kN]	40.19			39.65			39.92		
Tipo de Falla	A los 2/3			A los 2/3			A los 2/3		
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-			-			-		
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	51.07			48.97			50.44		

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS**

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	04/04/2024		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	2.5% E6-1			2.5% E6-2			2.5% E6-3		
Ancho promedio (b) [mm]	15.52	15.51	15.49	15.52	15.48	15.43	15.52	15.37	15.22
Peralte promedio (h) [mm]	15.5	15.44	15.42	15.5	15.52	15.54	15.36	15.38	15.4
Longitud de viga [mm]	50.5	50.40	50.3	50.4	50.60	50.8	50.5	50.50	50.55
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00			450.00			450.00		
Carga máxima (P) [kN]	41.49			40.96			41.23		
Tipo de Falla	A los 2/3			A los 2/3			A los 2/3		
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-			-			-		
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	51.54			50.42			52.03		

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

**ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
SIMPLEMENTE APOYADAS**

(N.T.P. 339.078)

DATOS GENERALES

FORMA/PROCEDENCIA DEL A. GRUESO:	Río, Angular/ Cantera: Hnos. Alaya		
FORMA/PROCEDENCIA DEL A. FINO:	Río/ Cantera: Hnos. Alaya		
CEMENTO:	Pacasmayo Tipo I		
DOSIFICACIÓN:	1:2.73:2.93/26.36Lts		
ASENTAMIENTO	CON ADITIVO:	3.5"	
FECHA DE MUESTREO:	03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO:	04/04/2024		

PROPIEDADES Y ESTADO DE TESTIGOS

Estado de humedad antes del ensayo:	Seco	Seco	Seco
Modificaciones en el testigo:	No	No	No
Defectos visibles en el testigo:	No	No	No

REGISTRO DE DATOS, PROCESAMIENTO Y RESULTADOS

Identificación (estructura):	4% E6-1			4% E6-2			4% E6-3		
Ancho promedio (b) [mm]	15.25	15.27	15.29	15.07	15.09	15.11	15.16	15.19	15.22
Peralte promedio (h) [mm]	15.3	15.30	15.32	15.43	15.29	15.14	15.36	15.38	15.4
Longitud de viga [mm]	50.4	50.60	50.8	50.4	50.50	50.6	50.4	50.55	50.7
Luz libre entre apoyos (L) [mm]	450.00			450.00			450.00		
Carga máxima (P) [kN]	37.85			36.99			37.42		
Tipo de Falla	A los 2/3			A los 2/3			A los 2/3		
Excentricidad de línea de falla (a) [mm]	-			-			-		
Módulo de rotura de diseño (MRd) [Kg/cm ²]	48.62			48.15			47.79		

Módulo de rotura (Falla dentro del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{PL}{bh^2} \right]$$

Módulo de rotura (Falla fuera del tercio medio de luz)

$$Mr = \left[\frac{3Pa}{bh^2} \right]$$

Apéndice F. Hoja Técnica del Aditivo Acelerante en Estudio



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem® Acelerante PE

ACELERANTE DE FRAGUA Y RESISTENCIAS PARA MEZCLAS DE CONCRETO Y MORTERO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Aditivo líquido de acción acelerante sobre tiempo de fraguado y resistencias mecánicas del concreto.

USOS

SikaCem® Acelerante PE debe usarse cuando se requiera:
Obtener concreto con altas resistencias a temprana edad, reducir el tiempo de desencofrado y facilitar el rápido avance de las obras, colocar concreto en ambiente frío o efectuar reparaciones rápidas en todo tipo de estructuras.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- El SikaCem® Acelerante PE reduce los tiempos de desencofrado.
 - Se obtienen resistencias más altas a temprana edad.
 - Pronto uso de estructuras nuevas.
 - Rápida puesta en uso de estructuras reparadas.
 - SikaCem® Acelerante PE contrarresta el efecto del frío sobre las resistencias y el fraguado.
- Aumenta los rendimientos en la elaboración de prefabricados.

CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple norma ASTM 494, tipo C.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	
Apariencia / Color	Incoloro a tonalidad amarilla
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	El producto debe de ser almacenado en un lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.
Densidad	1.38 kg/L +/- 0.01

Hoja De Datos Del Producto
SikaCem® Acelerante PE
Mayo 2019, Versión 01.01
02140202100000090

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

SikaCem® Acelerante PE viene listo para usar-se, agregándose al agua de mezcla.

DOSIFICACIÓN

Dependiendo del grado de aceleramiento deseado, SikaCem® Acelerante PE se dosifica del 1% al 4% del peso del cemento (aproximadamente de 300 mL a 1200 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg). De acuerdo con nuestra experiencia y como una guía en el uso de SikaCem® Acelerante PE, se puede decir que con una dosificación del 4% se obtienen resistencias mecánicas a 3 días equivalentes a 7 días y a 7 días las equivalentes a 15 días. Este efecto puede variar con el tipo y la edad del cemento, como también con la temperatura del ambiente. Recomendamos hacer ensayos previos para determinar la dosificación óptima en cada caso.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

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



Apéndice G. Hoja Técnica del Cemento Usado en la Investigación



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo I. Gracias a su nuevo diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.



USOS

- Cemento de uso general.

ATRIBUTOS

Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

RECOMENDACIONES PARA USO Y ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar sobre plataforma de madera y en rumas que no excedan las 8 bolsas

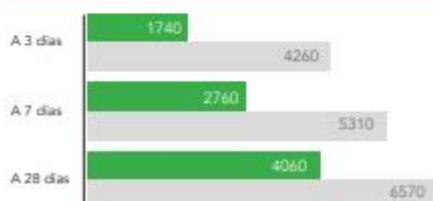


Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



*Requisito opcional.

Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150



Cemento Tipo I Estructural Cemento Portland Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO ₃	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha Recomendada de Uso: para aprovechar de mejor manera sus propiedades



Fecha de Producción: para que utilices el cemento más fresco

Apéndice H. Panel Fotográfico

Figura 26

Fotografía: Cantera de agregados "Hermanos Alaya"



Figura 27

Fotografía: Elaboración de diseño de mezcla para concreto $f'c$ 280 Kg/cm²



Figura 28

Fotografía: Elaboración de especímenes de prueba para concreto $f'c$ 280 Kg/cm²



Figura 29

Fotografía: Rotura de especímenes de prueba para concreto $f'c$ 280 Kg/cm²



Figura 30

Fotografía: Elaboración del grupo de control y los grupos experimentales de concreto



Figura 31

Fotografía: Curado de los especímenes de concreto



Figura 32

Fotografía: Ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco



Figura 33

Fotografía: Ensayos de granulometría de los agregados



Figura 34

Fotografía: Ensayos de peso unitario seco compactado de los agregados



Figura 35

Fotografía: Ensayos de peso específico de los agregados

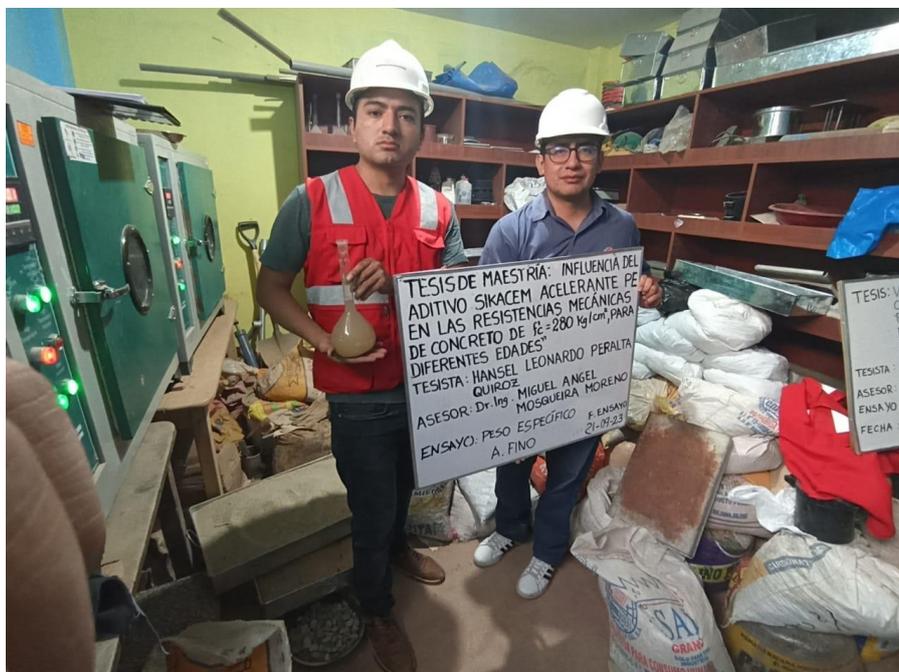


Figura 36

Fotografía: Ensayos de resistencia a compresión, recolección y toma de datos



Figura 37

Fotografía: Ensayos de resistencia a flexión, recolección y toma de datos



Apéndice I. Constancia de Uso de Laboratorio



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

EL JEFE DEL LABORATORIO DE GUERSAN INGENIEROS S.R.L. DEJA:

CONSTANCIA

Que el señor **HANSEL LEONARDO PERALTA QUIROZ**, identificado con DNI N° 71026170, durante los años 2023 y 2024, ha realizado los trabajos necesarios en el laboratorio GUERSAN INGENIEROS S.R.L., para su tesis de posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, denominada: "Influencia del aditivo SikaCem Acelerante PE en las resistencias mecánicas de concreto de $f'c$ 280 kg/cm², para diferentes edades". Estos trabajos fueron:

Ensayos:

- | | |
|--|----------------------------------|
| - Peso específico de masa. | - Peso específico de masa S.S.S. |
| - Peso específico aparente. | - Peso unitario suelto. |
| - Peso unitario compactado. | - Contenido de humedad. |
| - Módulo de finura. | - Abrasión. |
| - Absorción | - Peso volumétrico. |
| - Resistencia a compresión. | - Resistencia a flexión. |
| - % de material que pasa el tamiz n°200. | |

Diseños de mezcla:

- | | |
|-------------------|--|
| - Tratamiento I: | Diseño patrón. |
| - Tratamiento II: | Diseño con 2.50% de aditivo Sikacem Acelerante PE. |
| - Tratamiento II: | Diseño con 4.00% de aditivo Sikacem Acelerante PE. |

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente

Cajamarca, 29 de abril de 2024.

Atentamente

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
Jhosely Páez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CP N° 28768

Apéndice J. Certificados de Calibración

 SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C LABORATORIO DE METROLOGÍA		
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		
SMF - 009 - 2024		
Página 1 de 3		
Expediente	24-0014	
1. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
2. Dirección	Pj. Diego Ferre N° 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - CAJAMARCA	
3. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	YU FENG	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	110309	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	
4. Fecha de Calibración	2024-01-15	
5. Fecha de Emisión	2024-02-10	
<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>		
Sello	Jefe de Laboratorio	
		
	Firmado digitalmente por ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ Fecha: 2024.02.10 12:51:25 -05'00'	
 ventasservimetrol@gmail.com aservimetrol@gmail.com cservimetrol@gmail.com	 938102709 938327400	 Cal.37 Mza. A-34 Lote. 29 Urb. Cultura Peruana Moderna Lima- Lima- Santa Anita

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMF - 009 - 2024

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre N° 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - CAJAMARCA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	19,7 °C
Humedad Relativa	53 % HR	53 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2022-187747	Celda de carga calibrado a 150 tn con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-065-23A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a 1000 kN y 0,1 kN para lecturas fuera de este rango.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMF - 009 - 2024

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,00	99,74	99,90	99,66	99,77
20	200,00	200,34	200,06	200,22	200,21
30	300,00	300,42	300,65	300,30	300,46
40	400,00	400,72	400,95	400,66	400,78
50	500,00	501,13	501,34	501,03	501,17
60	600,00	601,56	601,82	601,74	601,71
70	700,00	702,07	702,36	702,03	702,15
80	800,00	802,58	802,93	802,66	802,72
90	900,00	903,29	903,51	903,04	903,28
100	1000,00	1003,80	1004,08	1003,61	1003,83
Retorno a Cero		0,00	0,00	0,00	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,00	0,23	0,24	---	0,01	0,27
200,00	-0,10	0,14	---	0,01	0,27
300,00	-0,15	0,12	---	0,00	0,27
400,00	-0,19	0,07	---	0,00	0,27
500,00	-0,23	0,06	---	0,00	0,27
600,00	-0,28	0,04	---	0,00	0,27
700,00	-0,31	0,05	---	0,00	0,27
800,00	-0,34	0,04	---	0,00	0,27
900,00	-0,36	0,05	---	0,00	0,27
1000,00	-0,38	0,05	---	0,00	0,27

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (t_0)

0,00 %


12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.