

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“INFLUENCIA DE LA  
SOBREDOSIFICACIÓN DEL ADITIVO  
PLASTIFICANTE EN EL TIEMPO DE  
FRAGUADO, HISTORIAL TÉRMICO Y  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN  
CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS”**

**Tesis para optar al título profesional de:**

**Ingeniera Civil**

**Autor:**

Merly Jakeline Burgos Ordoñez

**Asesor:**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo - Perú

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>SHEYLA YULIANA CORNEJO RODRIGUEZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>ALBERTO RUBEN VASQUEZ DIAZ</b>
	Nombre y Apellidos

## Informe de Similitud



### 18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




#### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado

#### Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas

#### Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	3%
2	Internet repositorio.uss.edu.pe	3%
3	Internet repositorio.unj.edu.pe	2%
4	Trabajos del estudiante Universidad Andina del Cusco	2%
5	Internet repositorio.utea.edu.pe	2%
6	Trabajos del estudiante Universidad Católica San Pablo	<1%
7	Internet repositorio.unfv.edu.pe	<1%
8	Internet repositorio.urp.edu.pe	<1%
9	Internet repositorio.ucv.edu.pe	<1%
10	Trabajos del estudiante Universidad Privada Antenor Orrego	<1%

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres con mucho amor y gratitud ya que son quienes con sacrificio y cariño hicieron posible cada paso de mi formación. Lo dedico también a mis hermanitas, por su apoyo incondicional y por ser mi refugio en los momentos difíciles. A mi novio quien me alentó a no rendirme y que confió en mí, incluso cuando el camino parecía imposible. Y finalmente, lo dedico a mí misma, por la valentía de persistir, por las lágrimas convertidas en aprendizaje y por demostrarme que los sueños sí pueden cumplirse con esfuerzo y dedicación.

## Agradecimiento

Agradezco con el corazón a Dios, por darme fortaleza, salud y la oportunidad de llegar hasta aquí, a mi familia, quienes han sido mi soporte incondicional en cada etapa de mi vida. A mis padres, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia; gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba. A mis hermanas, por sus palabras de aliento y por recordarme que nunca estoy sola en este camino. Al programa BECA18, por darme la oportunidad de poder estudiar una carrera universitaria. Este logro no es solo mío, es el reflejo del amor, el apoyo de todas las personas que me rodean y que han sido parte de este sueño hecho realidad.

**TABLA DE CONTENIDOS**

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice de tablas .....	9
Índice de Figuras.....	11
Índice de ecuaciones .....	14
Resumen .....	15
Palabras Claves .....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad problemática .....	16
2.2. Formulación del problema .....	34
2.3. Objetivos .....	34
2.4. Hipótesis .....	34
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	35
2.1. Enfoque.....	35
2.2. Nivel.....	35
2.3. Alcance. ....	35
2.4. Diseño de investigación. ....	35
2.5. Población y muestra.....	36

2.5.1. Población.....	36
2.5.2. Muestra.....	36
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	39
2.6.1. Técnicas de recolección de datos. ....	39
2.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	39
2.6.3. Técnicas de análisis de datos.....	40
2.6.4. Instrumentos de análisis de datos. ....	40
2.7. Procedimiento. ....	41
2.7.1. Materia prima. ....	44
2.7.2. Caracterización de agregados.....	44
2.7.3. Diseño de mezcla (ACI 211).....	55
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
3.1. Determinación del tiempo de fraguado de las mezclas de concreto con aditivo plastificante en diferentes porcentajes.....	64
3.2. Evaluación del desempeño de la resistencia a la compresión de concreto con aditivo plastificante en diferentes porcentajes.....	65
3.3. Determinación del historial térmico de concreto con aditivo plastificante en diferentes porcentajes. ....	72
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
4.1. Discusión.....	73
4.2. Conclusiones .....	77
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>79</b>

ANEXOS ..... 84

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Número de probetas para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto .....	37
<b>Tabla 2.</b> Número de muestras para el ensayo de tiempo de fraguado .....	38
<b>Tabla 3.</b> Número de muestras para el ensayo de historial térmico .....	39
<b>Tabla 4.</b> Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	41
<b>Tabla 5.</b> Esquema a utilizar en el ensayo de contenido de humedad del agregado. ....	45
<b>Tabla 6.</b> Esquema a utilizar en el ensayo de granulometría de los agregados .....	47
<b>Tabla 7.</b> Esquema a utilizar para el peso específico y absorción del agregado fino.....	50
<b>Tabla 8.</b> Esquema a utilizar para el peso específico y absorción del agregado grueso. 52	
<b>Tabla 9.</b> Esquema a utilizar para el peso unitario del agregado. ....	55
<b>Tabla 10.</b> Esquema de cálculo de ecuación logarítmica y mínimos cuadrados .....	59
<b>Tabla 11.</b> Esquema de cálculo del tiempo de fraguado .....	59
<b>Tabla 12.</b> Esquema de cálculo de resistencia a la compresión .....	63
<b>Tabla 13.</b> Resultados del ensayo de tiempo de fraguado inicial y final .....	64
<b>Tabla 14.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 3 días de edad.....	65
<b>Tabla 15.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 7 días de edad.....	66
<b>Tabla 16.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 28 días de edad.....	66
<b>Tabla 17.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 10% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 3 días de edad. ....	67

<b>Tabla 18.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 10% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 7 días de edad.....	67
<b>Tabla 19.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 10% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 28 días de edad.....	68
<b>Tabla 20.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 20% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 3 días de edad.....	68
<b>Tabla 21.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 20% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 7 días de edad.....	69
<b>Tabla 22.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 20% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 28 días de edad.....	69
<b>Tabla 23.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 30% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 3 días de edad.....	70
<b>Tabla 24.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 30% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 7 días de edad.....	70
<b>Tabla 25.</b> Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 30% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 28 días de edad.....	71

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Resultados de la resistencia a la compresión según los porcentajes del aditivo SikaCem® plastificante. ....	71
<b>Figura 2.</b> Resultados del historial térmico según los porcentajes del aditivo SikaCem® plastificante.....	72
<b>Figura 3.</b> Resultados del contenido de unidad del agregado fino.....	84
<b>Figura 4.</b> Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	85
<b>Figura 5.</b> Resultados del peso específico y absorción del agregado fino. ....	86
<b>Figura 6.</b> Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.....	87
<b>Figura 7.</b> Resultados del contenido de unidad del agregado grueso.....	88
<b>Figura 8.</b> Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso. ....	88
<b>Figura 9.</b> Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso. ....	89
<b>Figura 10.</b> Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.	90
<b>Figura 11.</b> Resultados del Registro del Concreto en Estado Fresco.....	91
<b>Figura 12.</b> Resultados del tiempo de fraguado de la muestra patrón.....	93
<b>Figura 13.</b> Resultados del tiempo de fraguado de la muestra al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante.....	94
<b>Figura 14.</b> Resultados del tiempo de fraguado de la muestra al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante.....	95
<b>Figura 15.</b> Resultados del tiempo de fraguado de la muestra al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante.....	95
<b>Figura 16.</b> Resultados del historial térmico según los porcentajes del aditivo SikaCem® plastificante.....	96

<b>Figura 17.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra patrón a los 3 días. ....	97
<b>Figura 18.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra patrón a los 7 días. ....	98
<b>Figura 19.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra patrón a los 28 días. ....	99
<b>Figura 20.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.....	100
<b>Figura 21.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.....	101
<b>Figura 22.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.....	102
<b>Figura 23.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.....	103
<b>Figura 24.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.....	104
<b>Figura 25.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.....	105
<b>Figura 26.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.....	106
<b>Figura 27.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.....	107
<b>Figura 28.</b> Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.....	108
<b>Figura 29.</b> Ficha de observación del tiempo de fraguado del concreto. ....	109
<b>Figura 30.</b> Ficha de observación del historial térmico del concreto. ....	110
<b>Figura 31.</b> Ficha de observación de la resistencia a la compresión del concreto. ....	111

<b>Figura 32.</b> Ficha técnica del SikaCem® - Plastificante.....	112
<b>Figura 33.</b> Ficha técnica del SikaCem® - Plastificante.....	113
<b>Figura 34.</b> Ficha técnica del cemento extraforte - Pacasmayo .....	114
<b>Figura 35.</b> Ficha técnica del cemento extraforte - Pacasmayo .....	115
<b>Figura 36.</b> Ficha técnica del cemento extraforte - Pacasmayo .....	116
<b>Figura 37.</b> Sello de calidad del cemento portland – Cemento Selva S.A.C .....	117
<b>Figura 38.</b> Sello de calidad del cemento hidráulico– Cementos Pacasmayo .....	118
<b>Figura 39.</b> Sello de calidad del cemento hidráulico– Cemento Selva S.A.C .....	119
<b>Figura 40.</b> Sello de calidad del cemento portland – Cemento Pacasmayo S.A.A .....	120
<b>Figura 41.</b> Caracterización de agregado fino – cuarteo de muestra .....	121
<b>Figura 42.</b> colocación de muestra de agregado fino para determinar contenido de humedad.....	122
<b>Figura 43.</b> Granulometría de agregado fino .....	123
<b>Figura 44.</b> Peso específico y Absorción de agregado fino .....	124
<b>Figura 45.</b> Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso.....	125
<b>Figura 46.</b> Granulometría de agregado grueso .....	125
<b>Figura 47.</b> Peso específico y absorción del agregado grueso .....	126
<b>Figura 48.</b> Ensayo de tiempo de fraguado .....	128
<b>Figura 49.</b> Ensayo de la resistencia a la compresión .....	129
<b>Figura 50.</b> Ensayo de historial térmico.....	130

### Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b> Fórmula para obtener el contenido de Humedad. ....	45
<b>Ecuación 2.</b> Fórmula para obtener módulo de finura .....	47
<b>Ecuación 3.</b> Fórmula para obtener el peso específico seca.....	49
<b>Ecuación 4.</b> Fórmula para obtener el peso específico SSS.....	49
<b>Ecuación 5.</b> Fórmula para obtener la absorción.....	49
<b>Ecuación 6.</b> Fórmula para obtener el peso específico seca.....	51
<b>Ecuación 7.</b> Fórmula para obtener el peso específico SSS.....	51
<b>Ecuación 8.</b> Fórmula para obtener la absorción.....	52
<b>Ecuación 9.</b> Fórmula para obtener el peso unitario suelto seco.....	54
<b>Ecuación 10.</b> Fórmula para obtener el peso unitario compactado seco.....	54
<b>Ecuación 11.</b> Ecuación logarítmica. ....	58
<b>Ecuación 12.</b> Ecuación exponencial. ....	58
<b>Ecuación 13.</b> Ecuación de mínimos cuadrados – coeficiente de regresión B.....	58
<b>Ecuación 14.</b> Ecuación de mínimos cuadrados – coeficiente de regresión A.....	58
<b>Ecuación 15.</b> Ecuación de método de Nurse Saul para cálculo de índice de madurez. .	60
<b>Ecuación 16.</b> Ecuación de método de Arrhenius para cálculo de índice de madurez. ..	61
<b>Ecuación 17.</b> Ecuación de cálculo de resistencia a la compresión. ....	62

## Resumen

El desarrollo de la presente investigación se realizó en la ciudad de Trujillo – Perú, con la finalidad de evaluar la influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante SikaCem® Plastificante en el concreto, específicamente sobre el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión. El estudio adoptó un diseño cuasiexperimental, utilizando un muestreo no probabilístico. Para la recolección de datos se empleó la técnica de observación y el uso de fichas de observación.

El trabajo consistió en la ejecución de ensayos de laboratorio en mezclas de concreto apto para losas aligeradas con resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , empleando cemento Portland tipo ICO y el aditivo SikaCem® Plastificante en diferentes proporciones: 0.00%, 10.00%, 20.00% y 30% de reemplazo de agua. Se elaboraron un total de 40 probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, de las cuales 36 fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de curado, así mismo 4 se instrumentaron con sensores de temperatura para el registro del historial térmico, y por último se realizó el ensayo de tiempo de fraguado en 4 muestras, una por cada porcentaje de aditivo plastificante.

Los resultados obtenidos evidenciaron un comportamiento favorable en relación al tiempo de fraguado y resistencia a la compresión del concreto. Se determinó la sobredosificación acelera el proceso de fraguado, además que con aditivo plastificante al 20% de reemplazo de agua, a los 28 días alcanza una resistencia de  $255 \text{ Kg/cm}^2$ , ya que con el 30% de aditivo este valor disminuyó considerablemente.

En conclusión, la sobredosificación del aditivo SikaCem® Plastificante ejerce una influencia significativa en el concreto, ya que acelera el proceso de fraguado y no afecta de manera negativa su resistencia mecánica.

## Palabras Claves

Losa aligerada, concreto, sobredosificación, aditivo plastificante, tiempo de fraguado, historial térmico, resistencia a la compresión.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Se sabe que el concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción debido a su resistencia mecánica, durabilidad y facilidad de moldeo (Mehta & Monteiro, 2014). Existen diversos tipos de concreto dentro de los cuales, el que se emplea en losas aligeradas se ha convertido en una solución estructural eficiente para reducir cargas muertas y optimizar costos (Neville & Brooks, 2019). Sin embargo, la correcta dosificación de sus componentes, en particular los aditivos plastificantes, es fundamental para garantizar el desempeño adecuado del material.

Por otro lado, los aditivos plastificantes son productos químicos que mejoran la trabajabilidad del concreto sin aumentar la relación agua/cemento, permitiendo obtener resistencias mecánicas superiores y reduciendo la segregación y exudación (ACI Committee 212, 2010). Sin embargo, la sobredosificación de estos aditivos puede generar efectos adversos en el tiempo de fraguado, el historial térmico durante la hidratación y la resistencia a la compresión del concreto (García-Taengua et al., 2018).

En diversos estudios se ha demostrado que un exceso de aditivos plastificantes puede retrasar considerablemente el tiempo de fraguado del concreto, afectando la programación de obra y la colocación de los siguientes elementos estructurales (Sakai & Sugita, 2019). Por lo que, este retraso influye en el historial térmico del material, ya que prolonga la generación de calor de hidratación, lo que puede incrementar el riesgo de fisuración térmica (Justs et al., 2015).

En cuanto a la resistencia mecánica, investigaciones recientes han identificado que una sobredosificación de aditivos plastificantes puede reducir la resistencia a la

compresión debido a la inestabilidad de la pasta de cemento y la modificación de la estructura porosa del material (Huang et al., 2020). Este fenómeno es crítico en losas aligeradas, ya que afecta directamente su capacidad estructural y durabilidad en el tiempo.

A pesar de la importancia de este problema, en el sector de la construcción se ha identificado un desconocimiento o aplicación incorrecta de las recomendaciones técnicas para la dosificación de aditivos plastificantes (ACI Committee 212, 2010). La falta de regulaciones claras y el uso empírico de estos productos pueden comprometer la calidad de las estructuras y generar sobrecostos por fallas prematuras.

A lo largo de los años se han desarrollado diversas investigaciones enfocadas a la dosificación correcta de los aditivos plastificantes, en la elaboración del concreto, sin embargo, hay poca información sobre la sobredosificación, por lo cual aún se debe investigar cual es el efecto en las propiedades físicas y mecánicas de estos productos en el concreto.

En el ámbito internacional tenemos a la investigación realizada por Alejandro y Costa (2019), el cual tiene como objetivo general generar nomogramas que relacionen las combinaciones de los aditivos usados en la planta de concreto premezclado, con el tiempo de fraguado a través de pruebas calorimétricas. Dicha investigación fue de carácter experimental en la cual se ejecutó el análisis calorimétrico a 64 escenarios con diversos contenidos de cemento, aditivos y relaciones agua/cemento, empleando un equipo semi-adiabático con termocuplas. Con las gráficas de temperatura, se calculó el tiempo de fraguado inicial y final. Adicionalmente se midió el flujo y la resistencia como variables de control. Asimismo, se generaron 5 nomogramas que proyectan el tiempo de fraguado inicial con relación al uso de plastificante y retardante, según el contenido de cemento y relación agua/cemento. se concluye que los porcentajes recomendados de aditivo deben

ajustarse según el peso de cemento utilizado en la mezcla, es decir, que en mezclas con alto contenido de cemento se requerirá un porcentaje menor de aditivo, en comparación a una mezcla con bajo contenido, para alcanzar resultados óptimos. Por otro lado, dosificaciones altas de plastificante prolongan el tiempo de fraguado sin afectar las resistencias finales. Empleando nomogramas se reduce el volumen de desperdicio de hormigón hasta un 60%, lo cual beneficia la empresa tanto económica como ambientalmente.

Por otro lado, tenemos la investigación presentada por Fernández, Morales y Soto (2016), que tiene como objetivo estudiar la resistencia de probetas de concreto, utilizando el aditivo superplastificante PSP NLS. La metodología utilizada corresponde al diseño experimental, mediante el cual se comparó una mezcla patrón sin aditivo con mezclas que incorporaron el aditivo en dosificaciones específicas: 1.7% del peso del cemento, según la recomendación del fabricante, y 2.1% como dosis excedente, con el propósito de evaluar posibles variaciones en la resistencia. Se concluye que con la utilización del aditivo superplastificante PSP NLS, no se producen disminuciones de las resistencias, pero si se retarda el proceso de fraguado de las mezclas.

Así mismo, en el ámbito nacional, encontramos la investigación presentada por Ilaita (2024), en la cual el objetivo es evaluar el tiempo de fraguado con adición de acelerantes de fragua en la ciudad de Juliaca. La metodología empleada para esta investigación es la Experimental, en la que se realizó el ensayo de tiempo de fraguado, tanto en la muestra patrón como en las muestras con diferentes porcentajes de acelerantes, para la obtención del tiempo de fraguado de las muestras, por último, se concluye que adicionando un 4% del aditivo Sika-cem, un 5% de Euco y un 3% de Chema, se obtiene que el tiempo de fraguado y de resistencia son óptimos para realizar construcciones.

También, Sandoval (2022), en su investigación en la que realizó la incorporación de las fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante, Lambayeque 2020. En esta investigación la metodología es de carácter experimental, en la cual se realizaron adiciones de fibras de acero en porcentajes de dosificación de 1%, 2%, 3% y 4% en función al volumen del concreto para diseños de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Se utilizaron fibras de acero KF 80/60 de 0.75 mm de diámetro y 60.00 mm de largo, para evaluar las siguientes propiedades: la resistencia a la compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad. En esta investigación se concluye que para los diseños de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> las dosificaciones optimas fueron de 2% y 4%, aumentando la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, en tanto que para la tracción fueron de 2% y 3%, del mismo modo para la flexión fue de 4% de fibras de acero para ambos diseños de concreto.

Así mismo, se encontró la investigación realizada por Tello (2019), cuyo objetivo de esta investigación es el de evaluar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas de concreto incorporando proporciones de concreto reciclado, además de inclusión en proporciones del aditivo Sika-Cem Plastificante, para concreto de alta resistencia, donde cuya metodología fue la experimental, en la cual se realizaron 3 diseños patrón, además 24 diseños de mezclas de alta resistencia con proporciones de concreto reciclado al 80%, 60%, 40% y 20% con la incorporación del aditivo Sika-Cem Plastificante en proporciones de 1.412% y 0.706%. Se determinó que el aditivo Sika-Cem Plastificante optimizó el desempeño de las mezclas de concreto de alta resistencia, al proporcionar mayor trabajabilidad, mejor calidad en los acabados y un incremento de hasta un 30% en la resistencia respecto a la diseñada. Asimismo, se evidenció que su uso generó un aumento en los tiempos de fraguado y en los porcentajes de exudación acumulada en las mezclas.

También se encontró la investigación presentada por Contreras y Graus (2021), en el presente estudio se efectuaron ensayos de laboratorio con mezclas de concreto diseñadas para una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando cemento Portland tipo MS y el aditivo Sika Retarder PE en proporciones de 0.00%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso del cemento. Los resultados obtenidos en el tiempo de fraguado, ensayo de asentamiento y resistencia mediante el método de madurez fueron favorables, evidenciándose que una sobredosificación máxima de hasta el doble de la dosis recomendada permitió mejorar las resistencias iniciales sin afectar otras propiedades del concreto. En consecuencia, se concluye que la sobredosificación del aditivo Sika Retarder PE influye directamente en el comportamiento del concreto, al prolongar el tiempo de fraguado, mantener un asentamiento adecuado y conservar su resistencia.

En esta investigación se busca analizar la influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas, por lo que se espera que los resultados contribuyan al desarrollo de criterios técnicos que optimicen el diseño y la aplicación de estos aditivos en el sector de la construcción.

Para el desarrollo adecuado de esta investigación se presenta los siguientes conceptos para un mayor entendimiento:

## **CONCRETO Y SUS PROPIEDADES**

El concreto es un material compuesto utilizado en la construcción, formado por la mezcla de cemento, agregados (gruesos y finos), agua y, en algunos casos, aditivos que mejoran sus propiedades (Mehta & Monteiro, 2014). Su principal aglutinante es el cemento Portland, que reacciona con el agua a través del proceso de hidratación,

formando una matriz resistente que une los agregados (Neville & Brooks, 2019). Los aditivos, como los plastificantes y superplastificantes, se emplean para mejorar la trabajabilidad y las propiedades mecánicas sin aumentar la cantidad de agua (ACI Committee 212, 2010).

### **Propiedades mecánicas y físicas del concreto**

Las propiedades del concreto pueden clasificarse en mecánicas y físicas, influyendo directamente en su desempeño estructural:

- **Resistencia a la compresión:** Es la capacidad del concreto para soportar cargas sin fallar, medida en megapascales (MPa). Es la propiedad más relevante en el diseño estructural (Neville & Brooks, 2019).
- **Módulo de elasticidad:** Indica la rigidez del material y su capacidad para deformarse elásticamente bajo carga (Mehta & Monteiro, 2014).
- **Durabilidad:** Se refiere a la capacidad del concreto para resistir la acción de agentes externos como ciclos de congelamiento y deshielo, ataques químicos y humedad prolongada (ACI Committee 318, 2019).
- **Retracción y fluencia:** Son deformaciones que pueden presentarse con el tiempo debido a la pérdida de humedad y cargas sostenidas, afectando la estabilidad estructural (García-Taengua et al., 2018).

#### **a. Factores que influyen en la resistencia y durabilidad**

La resistencia y durabilidad del concreto están influenciadas por diversos factores:

- **Relación agua/cemento (A/C):** Una menor relación A/C mejora la resistencia y durabilidad, pero reduce la trabajabilidad (Justs et al., 2015).

- **Tipo y granulometría de los agregados:** Los agregados bien graduados y de alta calidad mejoran la cohesión y resistencia del concreto (Huang et al., 2020).
- **Uso de aditivos:** Los aditivos plastificantes y superplastificantes modifican las propiedades del concreto, mejorando la fluidez sin afectar la resistencia (Sakai & Sugita, 2019).
- **Curado adecuado:** Un curado insuficiente puede causar fisuración y reducir la resistencia final del concreto (ACI Committee 308, 2016).

### **Importancia del concreto en losas aligeradas**

Las losas aligeradas son elementos estructurales ampliamente utilizados en edificaciones debido a su capacidad para reducir cargas muertas sin comprometer la resistencia (Neville & Brooks, 2019). El uso de concreto con aditivos plastificantes en estas losas permite mejorar la trabajabilidad y reducir el consumo de agua, optimizando la calidad y durabilidad de la estructura (ACI Committee 318, 2019). Sin embargo, una sobredosificación de estos aditivos puede afectar el tiempo de fraguado, el historial térmico y la resistencia mecánica, lo que resalta la importancia de su correcta dosificación (García-Taengua et al., 2018).

### **LOSA ALIGERADA**

Una losa aligerada es un tipo de losa estructural utilizada en edificaciones que busca reducir el peso propio de la estructura mediante la incorporación de elementos livianos, como bloques de poliestireno expandido (EPS), casetones de concreto o ladrillos huecos (Neville & Brooks, 2019). Estas losas se caracterizan por tener nervaduras de concreto reforzado que distribuyen las cargas de manera eficiente, permitiendo optimizar el diseño estructural y reducir el consumo de materiales (Mehta & Monteiro, 2014).

## Ventajas y Desventajas del Sistema de Losas Aligeradas

### Ventajas:

Reducción del peso propio: Al sustituir parte del concreto por elementos livianos, se disminuyen las cargas muertas, lo que optimiza el diseño estructural y reduce la demanda sobre cimentaciones (ACI Committee 318, 2019).

- **Mayor eficiencia estructural:** La disposición de nervaduras permite una distribución más eficiente de las cargas, disminuyendo deformaciones y mejorando la estabilidad del sistema (Santos et al., 2017).
- **Ahorro en materiales:** Se reduce el consumo de concreto y acero, lo que impacta positivamente en costos de construcción (Hernández et al., 2020).
- **Mejor aislamiento térmico y acústico:** Dependiendo del material utilizado en el aligeramiento, las losas pueden ofrecer beneficios en confort térmico y reducción del ruido (Flores-Colen et al., 2019).

### Desventajas:

- **Mayor complejidad constructiva:** La correcta colocación de los elementos aligerantes requiere técnicas y supervisión especializada (ACI Committee 347, 2014).
- **Posible reducción de la capacidad de carga:** Un diseño inadecuado puede afectar la resistencia estructural y generar problemas de deformación excesiva (Rodríguez & Pérez, 2018).
- **Vulnerabilidad ante cargas concentradas:** En algunos casos, es necesario reforzar las zonas donde se aplican cargas puntuales elevadas (ACI Committee 421, 2015).

## Requisitos Estructurales y Normativas Aplicables

El diseño y construcción de losas aligeradas deben cumplir con normativas estructurales que garantizan su seguridad y durabilidad. Algunas de las regulaciones más relevantes incluyen:

- **ACI 318-19:** Proporciona requisitos para el diseño de estructuras de concreto reforzado, incluyendo disposiciones sobre losas aligeradas (ACI Committee 318, 2019).
- **ACI 421-15:** Especifica criterios para el diseño de losas en sistemas estructurales, incluyendo refuerzos y control de deformaciones (ACI Committee 421, 2015).
- **Eurocódigo 2 (EN 1992-1-1):** Norma europea para el diseño de estructuras de concreto, con lineamientos sobre distribución de cargas y durabilidad en losas aligeradas (CEN, 2019).
- **Norma Técnica Peruana (NTP 339.027):** Establece criterios para el diseño y construcción de losas aligeradas en el contexto peruano.

El cumplimiento de estas normativas garantiza la seguridad estructural y la eficiencia del sistema de losas aligeradas en edificaciones modernas.

## ADITIVOS PARA CONCRETO

Los aditivos para concreto son sustancias que se incorporan a la mezcla de cemento, agregados y agua en pequeñas proporciones con el propósito de modificar sus propiedades en estado fresco o endurecido, mejorando su trabajabilidad, resistencia, durabilidad o fraguado (Neville & Brooks, 2019).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.035) y la norma ASTM C494, los aditivos se clasifican en las siguientes categorías:

- **Aditivos reductores de agua (Tipo A):** Permiten reducir la cantidad de agua en la mezcla sin afectar su trabajabilidad.
- **Aditivos retardantes (Tipo B):** Retardan el tiempo de fraguado del concreto.
- **Aditivos acelerantes (Tipo C):** Aceleran el fraguado y el desarrollo de resistencia temprana.
- **Aditivos reductores de agua y retardantes (Tipo D):** Combinan ambas funciones.
- **Aditivos reductores de agua y acelerantes (Tipo E):** Reducen agua y aceleran el fraguado.
- **Aditivos para control de exudación (Tipo F y G):** Superplastificantes que mejoran la fluidez sin aumentar el agua de mezcla (ASTM C494, 2019).

### **Función de los Aditivos Plastificantes y Superplastificantes**

Los aditivos plastificantes y superplastificantes son utilizados para mejorar la trabajabilidad del concreto sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla.

- **Plastificantes (Tipo A, D y E según ASTM C494):** Incrementan la fluidez y reducen la cantidad de agua requerida, mejorando la cohesión de la mezcla y disminuyendo la segregación (Mehta & Monteiro, 2014).
- **Superplastificantes (Tipo F y G según ASTM C494):** Permiten reducciones significativas del agua en la mezcla, favoreciendo concretos de alta resistencia y con mayor compacidad (ACI Committee 212, 2010).

## Mecanismo de Acción de los Plastificantes en la Mezcla de Concreto

El mecanismo de acción de los aditivos plastificantes y superplastificantes radica en su capacidad para modificar la dispersión de partículas de cemento en la mezcla. Estos aditivos funcionan mediante los siguientes procesos:

- **Dispersión electrostática:** Los plastificantes generan una carga superficial negativa sobre las partículas de cemento, promoviendo su repulsión y reduciendo la aglomeración (Sakai & Sugita, 2019).
- **Efecto estérico:** En el caso de los superplastificantes, las largas cadenas poliméricas rodean las partículas de cemento, impidiendo su aglomeración y permitiendo un mejor acomodo de los agregados (Huang et al., 2020).
- **Reducción del contenido de agua:** Al mejorar la dispersión del cemento, se requiere menor cantidad de agua para lograr la misma fluidez, lo que se traduce en una mayor resistencia y durabilidad del concreto (Justs et al., 2015).

## SOBREDOSIFICACIÓN DE ADITIVOS PLASTIFICANTES

La sobredosificación de aditivos plastificantes en el concreto se refiere al uso de una cantidad superior a la recomendada por los fabricantes o normativas técnicas, lo que puede alterar significativamente las propiedades del material en estado fresco y endurecido (Mehta & Monteiro, 2014). Entre las principales causas de la sobredosificación se encuentran errores en la dosificación, desconocimiento de las recomendaciones técnicas, condiciones ambientales adversas que inducen a aumentar la dosis y la búsqueda de mayor fluidez sin una adecuada supervisión técnica (ACI Committee 212, 2010).

## Efectos en el Fraguado, Historial Térmico y Resistencia del Concreto

La sobredosificación de aditivos plastificantes puede generar efectos adversos en el comportamiento del concreto, afectando su tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia mecánica:

- **Tiempo de fraguado:** Un exceso de plastificante puede retardar significativamente el fraguado del concreto, lo que puede ocasionar retrasos en la construcción y afectar la integración con otros elementos estructurales (Sakai & Sugita, 2019).
- **Historial térmico:** La hidratación del cemento está acompañada por la liberación de calor. Una sobredosificación de aditivos puede modificar la curva térmica del material, prolongando la generación de calor y aumentando el riesgo de fisuración térmica (Justs et al., 2015).
- **Resistencia a la compresión:** Un uso excesivo de plastificantes puede inducir la formación de una matriz porosa inestable en el concreto, reduciendo su resistencia a la compresión y su durabilidad a largo plazo (Huang et al., 2020).

## TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

### Definición de Fraguado Inicial y Final

El tiempo de fraguado del concreto se define como el período durante el cual la mezcla de concreto pasa de un estado plástico a un estado rígido, sin llegar aún a su máxima resistencia mecánica (Mehta & Monteiro, 2014). Este proceso se divide en dos etapas:

- **Fraguado inicial:** Es el momento en que la mezcla empieza a perder su plasticidad y se considera que ya no es trabajable. Técnicamente, ocurre

cuando el concreto alcanza una penetración de 3.5 mm bajo el ensayo con aguja de Vicat (ASTM C191) o mediante la prueba de resistencia a la penetración (ASTM C403) (Neville, 2012).

- **Fraguado final:** Se refiere al punto en el que el concreto ha adquirido una rigidez suficiente para soportar cargas menores sin deformaciones significativas. Se alcanza cuando la penetración de la aguja de ensayo es insignificante (ASTM C403) (Kosmatka & Wilson, 2016).

### Factores que Afectan el Tiempo de Fraguado

El tiempo de fraguado del concreto puede verse influenciado por diversos factores, tales como:

- **Relación agua/cemento:** Un mayor contenido de agua prolonga el tiempo de fraguado, mientras que una menor relación lo acelera (Neville & Brooks, 2019).
- **Temperatura ambiental:** Altas temperaturas aceleran la hidratación del cemento y reducen el tiempo de fraguado, mientras que temperaturas bajas lo retrasan (Justs et al., 2015).
- **Tipo y finura del cemento:** Cementos de mayor finura o con adiciones minerales pueden afectar el fraguado debido a su reactividad química (Huang et al., 2020).
- **Uso de aditivos:** Los plastificantes y superplastificantes pueden modificar el tiempo de fraguado, retardándolo o acelerándolo según su composición y dosificación (ACI Committee 212, 2010).

- **Condiciones de curado:** La humedad y el tipo de curado pueden influir en la cinética del fraguado y en el desarrollo de resistencias tempranas (Mehta & Monteiro, 2014).

### **Métodos de Medición (Norma ASTM C403 sobre Fraguado del Concreto)**

El procedimiento más empleado para determinar el tiempo de fraguado del concreto en estado fresco es el ensayo de penetración con aguja de resistencia, de acuerdo con lo establecido en la Norma ASTM C403 (Método Estándar para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto mediante resistencia a la penetración). Esta normativa señala que:

- Se mide la resistencia a la penetración en una muestra de concreto mediante la aplicación de una carga progresiva sobre un área definida.
- Se registran los valores de penetración a lo largo del tiempo hasta alcanzar resistencias específicas:

- **Fraguado inicial:** Cuando la resistencia a la penetración alcanza aproximadamente 3.5 MPa.

- **Fraguado final:** Cuando la resistencia a la penetración supera los 27.6 MPa (ASTM C403, 2019).

Este procedimiento se emplea de manera generalizada en el ámbito de la construcción, ya que posibilita la evaluación del desempeño del concreto frente a diferentes condiciones ambientales y considerando diversas proporciones en su dosificación.

## HISTORIAL TÉRMICO DEL CONCRETO

### Proceso de Hidratación del Cemento y Generación de Calor

El proceso de hidratación del cemento es una serie de reacciones químicas entre los compuestos del cemento y el agua, que conducen al endurecimiento del concreto y a la generación de calor. Durante este proceso, el silicato tricálcico (C3S) y el silicato bicálcico (C2S) reaccionan con el agua para formar productos hidratados, principalmente gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H) y cristales de hidróxido de calcio (CH), los cuales son responsables del desarrollo de resistencia en el concreto (Mehta & Monteiro, 2014).

La reacción de hidratación es exotérmica, lo que significa que libera calor. Este calor, conocido como calor de hidratación, es un factor clave en el comportamiento térmico del concreto. Cementos con alto contenido de C3S y aluminato tricálcico (C3A) generan un mayor calor de hidratación en las primeras horas después de la colocación (Neville & Brooks, 2019). Este fenómeno es particularmente relevante en elementos estructurales masivos, donde la acumulación de calor puede generar gradientes térmicos significativos.

### Importancia del Control Térmico en el Curado del Concreto

El control térmico durante el curado del concreto es esencial para garantizar su adecuada resistencia y durabilidad. Si la temperatura del concreto aumenta demasiado rápido, puede generar diferencias de temperatura entre la superficie y el núcleo del elemento, lo que puede inducir esfuerzos térmicos y fisuración (Justs et al., 2015).

Las técnicas para controlar la temperatura del concreto incluyen:

- Uso de cementos con bajo calor de hidratación, como cementos con adiciones minerales (Mehta & Monteiro, 2014).
- Control de la temperatura del agua de mezclado y agregados para evitar temperaturas iniciales elevadas (ACI Committee 305, 2020).
- Métodos de curado controlado, como el uso de mantas térmicas o niebla de agua para evitar pérdidas de humedad y controlar la disipación del calor (Neville, 2012).

Un curado adecuado no solo minimiza la aparición de fisuras térmicas, sino que también favorece una mejor hidratación del cemento, lo que mejora las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

### **Relación entre Temperatura, Resistencia y Fisuración Térmica**

Existe una relación directa entre la temperatura del concreto, su desarrollo de resistencia y la fisuración térmica. En general:

- Temperaturas elevadas aceleran la hidratación inicial del cemento, aumentando la resistencia temprana, pero pueden reducir la resistencia a largo plazo debido a una hidratación incompleta (Neville & Brooks, 2019).
- Temperaturas bajas ralentizan la hidratación, lo que retrasa el desarrollo de resistencia y puede afectar la calidad final del concreto si no se toman precauciones adecuadas (Kosmatka & Wilson, 2016).
- Gradientes térmicos excesivos dentro de una estructura pueden inducir tensiones internas, causando fisuración térmica. La diferencia de temperatura entre el núcleo y la superficie del concreto no debe superar los 20°C para minimizar este riesgo (ACI Committee 207, 2007).

El control de la temperatura del concreto es crucial en estructuras de gran volumen y en climas extremos. La implementación de estrategias de curado y selección de materiales adecuados puede mejorar la calidad y durabilidad del concreto en distintas condiciones ambientales.

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad del material para soportar cargas axiales antes de fallar por fractura. Se expresa en megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi) y es uno de los parámetros más importantes en el diseño y control de calidad del concreto estructural (Mehta & Monteiro, 2014).

Diversos factores influyen en la resistencia a la compresión del concreto, entre los cuales destacan:

- **Tipo y calidad del cemento:** Cementos con mayor contenido de silicato tricálcico (C3S) tienden a desarrollar resistencia más rápidamente (Neville & Brooks, 2019).
- **Proporción de agregados:** La granulometría y calidad de los agregados afectan la densidad y compactación del concreto (Kosmatka & Wilson, 2016).
- **Condiciones de curado:** Un curado adecuado permite una hidratación completa del cemento, mejorando la resistencia final (ACI Committee 308, 2016).
- **Adiciones y aditivos:** El uso de adiciones minerales como la ceniza volante y aditivos plastificantes puede mejorar o reducir la resistencia dependiendo de la dosificación (García-Taengua et al., 2018).

## Relación Agua/Cemento y su Impacto en la Resistencia

La relación agua/cemento ( $a/c$ ) es un factor clave en la resistencia del concreto. Una menor relación  $a/c$  genera una matriz más densa y resistente, mientras que una relación elevada aumenta la porosidad y disminuye la resistencia (Neville, 2012).

Según Mehta & Monteiro (2014), la resistencia óptima del concreto se obtiene con una relación  $a/c$  entre 0.4 y 0.5, dependiendo del tipo de cemento y aditivos utilizados. Sin embargo, reducir excesivamente la relación  $a/c$  sin el uso de superplastificantes puede afectar la trabajabilidad y aumentar la probabilidad de fisuración por retracción.

## Ensayos de Resistencia a la Compresión (Norma ASTM C39)

La evaluación de la resistencia a la compresión se efectúa conforme a lo indicado en la Norma ASTM C39, la cual define el procedimiento para realizar la prueba en especímenes cilíndricos de concreto endurecido.

El proceso consiste en:

- **Moldeo y curado de probetas:** Se utilizan cilindros estándar de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, curados en condiciones controladas durante 28 días (ASTM C39, 2020).
- **Carga gradual:** Se aplica una carga axial en una máquina de ensayo hasta la falla del espécimen.
- **Cálculo de resistencia:** consiste en calcular el cociente entre la carga máxima aplicada y el área de la sección transversal del cilindro.

Este procedimiento resulta esencial para comprobar que el concreto satisface las exigencias de calidad y los parámetros de diseño estructural establecidos en la normativa internacional.

## **2.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, el historial térmico y la resistencia a la compresión del concreto empleado en losas aligeradas?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general.**

Analizar la influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión del concreto utilizado en losas aligeradas.

### **2.3.2. Objetivos específicos.**

- Realizar el diseño de mezcla mediante el método ACI 211.1, para un concreto apto para utilizar en losas aligeradas.
- Determinar cómo varía el tiempo de fraguado del concreto al incrementar la dosis del aditivo plastificante.
- Evaluar el impacto de la sobredosificación del aditivo en el historial térmico del concreto durante su proceso de endurecimiento.
- Analizar la resistencia a la compresión del concreto con diferentes niveles de dosificación del aditivo plastificante.

## **2.4. Hipótesis**

La sobredosificación del aditivo plastificante en un concreto para losas aligeradas causa la prolongación del tiempo de fraguado, asimismo, altera el historial térmico durante el proceso de endurecimiento y reduce la resistencia a la compresión del concreto para losas aligeradas.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Enfoque.

El enfoque de esta investigación corresponde al de carácter cuantitativo, puesto que se orienta a evaluar de forma objetiva y medible el efecto de la sobredosificación del aditivo plastificante en las propiedades del concreto, específicamente en el tiempo de fraguado, el historial térmico y la resistencia a la compresión. El estudio busca establecer la relación existente entre las variables mediante la obtención y el análisis de datos numéricos.

### 2.2. Nivel.

La presente investigación se clasifica como explicativa, ya que se busca determinar la relación causa-efecto entre la sobredosificación del aditivo plastificante y las propiedades del concreto. Mediante los diferentes ensayos, se pretende identificar los efectos que causa la variación en la dosificación del aditivo sobre el desempeño del concreto.

### 2.3. Alcance.

El alcance es experimental y aplicado ya que se diseñarán y ejecutarán ensayos de laboratorio con diferentes proporciones del aditivo plastificante en las mezclas de concreto diseñadas para losas aligeradas.

### 2.4. Diseño de investigación.

La investigación se encuentra dentro de un *diseño experimental*, dado que se modificará deliberadamente el porcentaje del aditivo plastificante con el propósito de evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto destinado a losas aligeradas. En consecuencia, el estudio se clasifica con mayor precisión como de tipo *cuasiexperimental*.

## **2.5. Población y muestra.**

### **2.5.1. Población.**

Todos los concretos diseñados para losas aligeradas y los concretos con aditivo plastificantes elaborados en el año 2025.

### **2.5.2. Muestra.**

Para la determinación de la muestra se utilizó el método “no probabilístico”, por juicio de experto, teniendo en consideración lo que refiere el ACI 318-19 y el RNE E-060, por lo cual se determinó realizar 1 muestra para el ensayo de Historial Térmico, al igual que para el tiempo de fraguado también se realizarán 1 muestra, en cuanto al ensayo de resistencia a la compresión se realizarán 3 muestras.

- Para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto basado en la NTP 339.034, se realizarán 36 probetas ya que se realizará el ensayo en 3 edades (3 días, 7 días, 28 días). (ver tabla 1).

**Tabla 1**

*Número de probetas para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto*

<b>RESISTENCIA DEL CONCRETO (NTP 339.034)</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Días de curado</b>			<b>SUBTOTAL</b>
	<b>3 días</b>	<b>7 días</b>	<b>28 días</b>	
<b>Patrón</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>Dosis 1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>Dosis 2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>Dosis 3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>				<b>36</b>

*Nota:* la tabla presenta la cantidad de probetas a utilizar por cada dosificación de aditivo plastificante, teniendo 9 por cada una, obteniendo un total de 36 probetas. Elaboración propia (2025)

- Para el tiempo de fraguado, se determinó realizar 4 muestras teniendo en cuenta la NTP 339.082, tal como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2***Número de muestras para el ensayo de tiempo de fraguado*

MUESTRA	TIEMPO DE FRAGUADO
	NTP 339.082
PATRON	1
DOSIS 1	1
DOSIS 2	1
DOSIS 3	1
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>	<b>4</b>

*Nota:* la tabla presenta la cantidad de probetas a utilizar por cada dosificación de aditivo plastificante, teniendo 1 por cada una, obteniendo un total de 4 probetas. Elaboración propia (2025).

- Para el ensayo de historial térmico, se determinó realizar 4 muestras teniendo en cuenta la NTP 339.217, tal como se detalla en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Número de muestras para el ensayo de historial térmico*

MUESTRA	HISTORIAL TERMICO
	NTP 339.217
PATRON	1
DOSIS 1	1
DOSIS 2	1
DOSIS 3	1
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>	<b>4</b>

*Nota:* la tabla presenta la cantidad de probetas a utilizar por cada dosificación de aditivo plastificante, teniendo 1 por cada una, obteniendo un total de 4 probetas. Elaboración propia (2025).

## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.6.1. Técnicas de recolección de datos.

En esta investigación, la recolección de datos se llevará a cabo mediante la técnica de *observación*, la cual permite seleccionar, examinar y registrar las características del concreto. Esta técnica se aplicará de manera planificada y estructurada por lo cual se considera de tipo participante, en cuanto al nivel de intervención, y de carácter directo respecto a la forma de registro.

### 2.6.2. Instrumentos de recolección de datos.

Para la obtención de los datos se emplearán fichas de observación, previamente validadas por especialistas, con el propósito de garantizar un registro sistemático y preciso de las propiedades del concreto evaluadas en el Laboratorio

de Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C. – Trujillo.

### **2.6.3. Técnicas de análisis de datos.**

En cuanto al análisis de datos se utilizará la *estadística descriptiva*, ya que se utilizarán diversos parámetros estadísticos además de gráficos para cada ensayo, de igual manera, se usará la *estadística inferencial* ya que constituye una herramienta fundamental para el análisis de datos, porque permite obtener conclusiones respaldadas científicamente, con un nivel de error controlado y cuantificable.

### **2.6.4. Instrumentos de análisis de datos.**

Como instrumentos de análisis de datos se utilizará Microsoft Word y Microsoft Excel, estos nos permiten realizar el análisis y la validación de los resultados.

**Tabla 4**  
*Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos*

Ensayos	Recolección de datos			Análisis de datos
	Fuente	Técnica	Instrumento	
Tiempo de Fraguado	Experimento	Observación directa	- Ficha de observación - Excel - Word	- Tabulación de datos. - Gráfica de tiempo de fraguado Vs. Dosis de aditivo - Comparación de resultados
Historial térmico	Experimento	Observación directa	- Ficha de observación - Excel - Word	- Tabulación de datos. - Gráfica de historial térmico Vs. Dosis de aditivo - Comparación de resultados
Resistencia a la compresión	Experimento	Observación directa	- Ficha de observación - Excel - Word	- Tabulación de datos. - Gráfica de resistencia a la compresión Vs. Dosis de aditivo - Comparación de resultados

*Nota:* Esta tabla expone cada variable junto con la técnica e instrumento empleados para su recolección, además de especificar el procedimiento de análisis de los datos. Elaboración propia (2025).

## 2.7. Procedimiento.

La presente investigación se desarrolló en el siguiente orden:

**1° Adquisición y selección de materiales.** Se realizó la adquisición de cemento Portland tipo ICO, área gruesa, piedra chancada TMN ½”, además del aditivo SikaCem®

Plastificante.

**2° Caracterización de agregados.** En cuanto a los agregados fino y grueso se realizaron diversos ensayos tales como el contenido de humedad, densidad unitaria suelta, densidad unitaria compactada, granulometría, gravedad específica y absorción.

**3° Diseño de Mezcla.** Una vez realizados los ensayos a los agregados, se realizó el diseño de mezcla patrón y para cada una de las dosificaciones de aditivo, teniendo en cuenta  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  y una relación  $a/c=0.553$ .

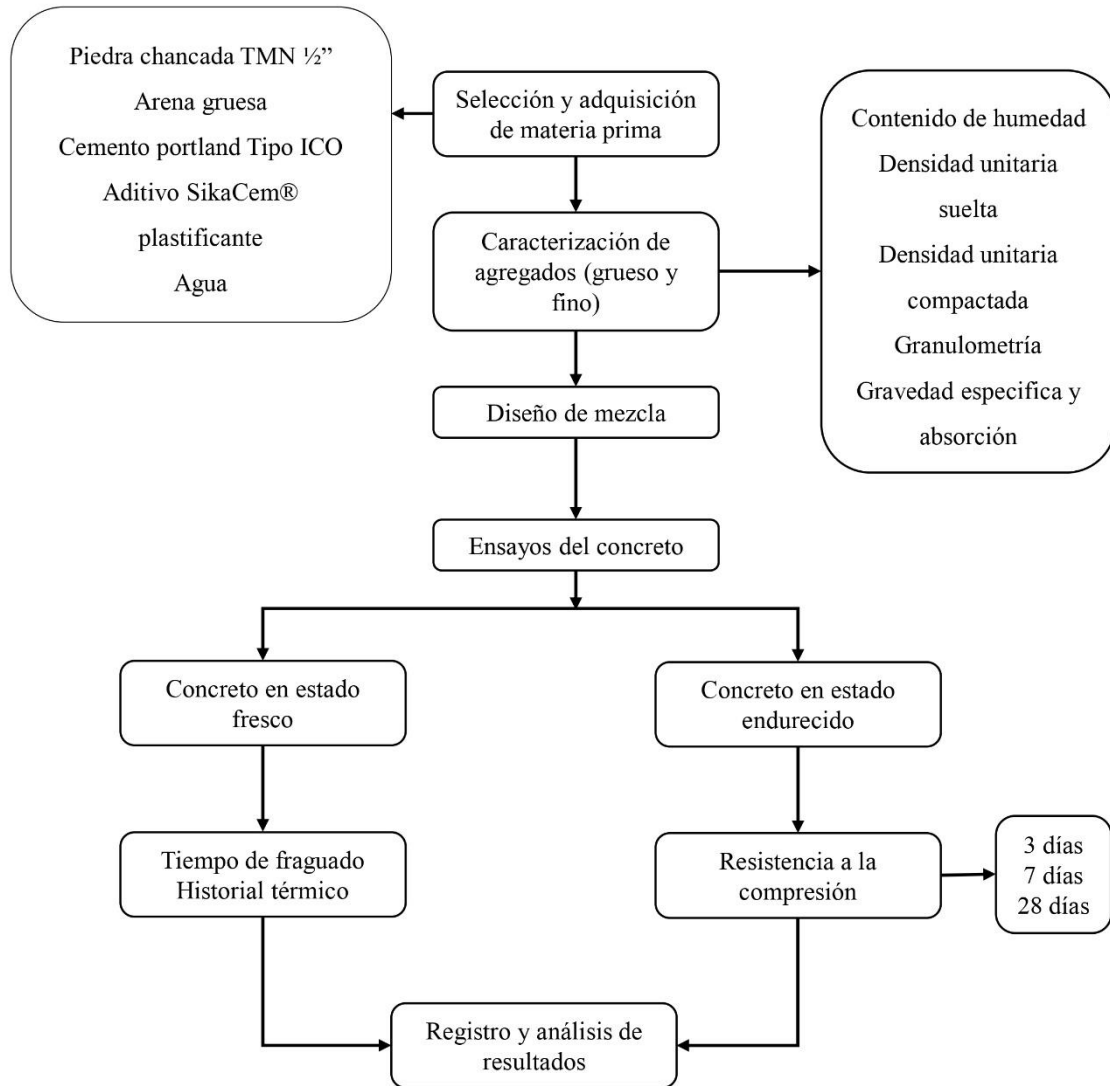
**4° Ensayos de concreto.** En cuanto al concreto se realizó el ensayo de tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión.

- **Tiempo de fraguado.** se realizaron un total de 4 muestras, una muestra patrón y 3 con las diferentes cantidades de aditivo plastificante, las cuales fueron sometidas a diferentes cargas en el penetrómetro.
- **Historial térmico.** Se preparó 4 muestras siguiente el diseño de mezcla establecido, a las cuales se le colocaron sensores y se registró la temperatura durante un periodo de 48 horas.
- **Resistencia a la compresión.** Se realizaron 9 probetas por cada dosis de aditivo plastificante, a las cuales después del curado se les realizó la rotura a los 3, 7 y 28 días.

**5° Análisis de resultados.** Los datos obtenidos de cada ensayo en el laboratorio se registraron en las fichas de observación, los cuales fueron procesados a través de análisis estadístico descriptivo, para luego realizar la interpretación y conclusiones correspondientes.

### Imagen 01

Esquema del proceso seguido en el desarrollo de esta tesis.



*Nota:* El proceso de esta investigación da inicio con la selección y adquisición de materia prima para luego realizar su respectiva caracterización; y así realizar el diseño de mezcla correspondiente y así proceder a realizar las probetas para los diversos ensayos tales como tiempo de fraguado, historial térmico y Resistencia a la compresión. Elaboración propia (2025).

### **2.7.1. Materia prima.**

En la presente investigación, se empleó Cemento Portland Tipo ICO de la marca Pacasmayo, junto con el aditivo plastificante SikaCem®. Ambos materiales fueron adquiridos en una ferretería ubicada en la ciudad de Trujillo. Por su parte, los agregados, tanto gruesos como finos, fueron obtenidos de la cantera “El Milagro”. El agua utilizada correspondió a agua potable proveniente del laboratorio Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C., en Trujillo.

### **2.7.2. Caracterización de agregados.**

En cuanto a la caracterización de los agregados, los ensayos empleados se basaron en lo descrito en la Norma Técnica Peruana.

#### **2.7.2.1. Contenido de humedad de agregado (NTP 339.185).**

El procedimiento para este ensayo establecido en la NTP 339.185 (2013), establece los siguientes pasos:

- Seleccionar una muestra representativa de agregado según lo indicado por la norma.
- Pesarse una porción de la muestra fresca, obteniendo el peso húmedo inicial (W).
- Colocar la muestra en el recipiente metálico.
- Introducir el recipiente con la muestra en el horno precalentado a  $110 \pm 5$  °C.
- Mantener la muestra en el horno hasta alcanzar peso constante, lo que normalmente requiere 24 horas o hasta que la diferencia entre pesadas

sucesivas sea  $\leq 0.1$  g.

- Retirar cuidadosamente el recipiente del horno usando pinzas o guantes.
- Dejar enfriar en un desecador para evitar que absorba humedad del aire.
- Pesar la muestra seca, obteniendo el peso seco (D).
- Calcular el contenido de humedad con la formula descrita a continuación y posteriormente plasmarlo en la tabla 5:

$$P = \frac{w - D}{D} * 100$$

*Ecuación 1 Fórmula para obtener el contenido de Humedad.*

**Donde:**

**P**= contenido de humedad evaporable (%)

**W**= masa de la muestra húmeda (gr)

**D**= masa de muestra seca (gr)

**Tabla 5**

*Esquema a utilizar en el ensayo de contenido de humedad del agregado.*

Descripción	U.M	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso del recipiente	gr			
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr			
Peso de muestra húmeda	gr			
Peso de recipiente + muestra seca	gr			
Peso de muestra seca	gr			
Peso del agua	gr			
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>			

*Nota.* La tabla presenta el formato a utilizar para los resultados de humedad del agregado fino y grueso. Elaboración propia (2025).

### 2.7.2.2. Granulometría de los agregados fino y grueso (NTP 400.012)

El procedimiento para este ensayo establecido en la NTP 400.012 (2013), establece los siguientes pasos:

- Seleccionar la muestra representativa de acuerdo con la norma, asegurándose que cumpla con la cantidad mínima de material según el tamaño del agregado.
- Secar los agregados si contienen humedad (opcional, depende de la norma o especificación del ensayo).
- Colocar los tamices en orden de mayor a menor abertura, formando una pirámide invertida:
- Colocar un recipiente de recolección debajo del tamiz inferior para recoger el material que pasa completamente.
- Verter la muestra sobre el tamiz superior.
- Agitar o golpear suavemente el conjunto de tamices durante 10 a 15 minutos o hasta que no se observen más partículas pasando entre los tamices.
- Retirar cada tamiz con cuidado.
- Pesar el material retenido en cada tamiz, y colocar los resultados en la tabla 6.

- Por último, calcular el módulo de fineza para ambos agregados con la siguiente fórmula.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ peso retenido acumulado}}{100}$$

*Nota.* El material retenido acumulado será de los tamices: N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8", 3/4" y 1 1/2"

*Ecuación 2 Fórmula para obtener módulo de finura.*

**Tabla 6**  
*Esquema a utilizar en el ensayo de granulometría de los agregados*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% peso retenido parcial	% peso retenido acumulado	% pasa
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°8					
N°16					
N°30					
N°50					
N°100					
N°200					
Fondo					

*Nota.* La tabla presenta el formato a utilizar para los resultados de granulometría del agregado fino y grueso. Elaboración propia (2025).

### **2.7.2.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (NTP 400.022)**

El procedimiento para este ensayo establecido en la NTP 400.022 (2013), establece los siguientes pasos:

- Secar el material en el horno a temperatura constante por 24hr.
- Tomar una muestra de 2 Kg y sumergirla en agua dentro de una tara por 24hr.
- Extender el material sobre una superficie plana y secarlo cuidadosamente, asegurándose de que los granos del agregado fino no se adhieran entre sí, lo cual indica que la muestra ha alcanzado probablemente el estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Colocar la muestra en el molde cónico y aplicar 25 golpes con la barra de metal; si al retirar el cono la muestra se mantiene cohesionada, no puede utilizarse; por lo cual se debe continuar secando y repetir este procedimiento hasta que, al retirar el cono, la muestra se derrumbe parcialmente.

#### **Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro - Fiola)**

- Pesar aproximadamente 500 g de agregado fino seco sss.
- Llenar la fiola con agua hasta aproximadamente 2/3 de su capacidad.
- Pesar la fiola con agua para poder determinar posteriormente el volumen.

- Colocar el agregado fino en la fiola con agua y agitar suavemente para que se impregne de agua y no queden burbujas.
- Ajustar el nivel de agua hasta la marca de calibración de la fiola, asegurándose que no queden burbujas atrapadas.
- Pesar la fiola con agua y agregado saturado superficialmente
- separar el agregado y llevar al horno de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24hr, finalmente pesar la muestra seca.
- por último, calcular el peso específico y la absorción del agregado fino con las siguientes fórmulas y plasmarlo en la Tabla 7.

$$\text{peso específico seca al horno} = \frac{A}{B + S - C}$$

*Ecuación 3 Fórmula para obtener el peso específico seca.*

$$\text{peso específico SSS} = \frac{S}{B + S - C}$$

*Ecuación 4 Fórmula para obtener el peso específico SSS.*

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

*Ecuación 5 Fórmula para obtener la absorción.*

**Donde:**

A= masa de la muestra seca al horno (gr)

B= masa del picnómetro llenado de agua (gr)

C= masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua (gr)

S= masa de la muestra SSS (gr).

**Tabla 7**

*Esquema a utilizar para el peso específico y absorción del agregado fino.*

Descripción	U.M.	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr			
Peso del picnómetro lleno del agua	gr			
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr			
Peso de muestra en estado SSS	gr			
<b>Peso específico base seca</b>				
<b>Peso específico base SSS</b>				
<b>Absorción</b>	<b>%</b>			

*Nota.* La tabla presenta el formato a utilizar para los resultados de peso específico y absorción del agregado fino. Elaboración propia (2025).

**2.7.2.4. Peso Específico y Absorción del Agregado grueso (NTP 400.021)**

El procedimiento para este ensayo establecido en la NTP 400.021 (2013), establece los siguientes pasos:

- Seleccionar una muestra representativa de agregado grueso.
- Secar la muestra en horno a  $110 \pm 5$  °C hasta alcanzar peso constante (peso seco).

- Pesar la muestra seca y registrar el valor.
- Sumergir el agregado en agua por 24 horas para alcanzar el estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Retirar el agregado y escurrir el exceso de agua con cuidado, sin perder material.
- Pesar el agregado en estado SSS.
- Colocar el agregado saturado en agua dentro del recipiente de medición.
- Pesar el agregado mientras está sumergido, usando la balanza o un sistema de desplazamiento de agua.
- colocar el agregado al horno de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24hr, dejar enfriar durante 1h a 3h y pesar la muestra seca.
- por último, calcular el peso específico y la absorción del agregado grueso con las siguientes fórmulas y plasmarlo en la Tabla 8.

$$\text{peso específico seca al horno} = \frac{A}{B - C}$$

*Ecuación 6 Fórmula para obtener el peso específico seca.*

$$\text{peso específico SSS} = \frac{B}{B - C}$$

*Ecuación 7 Fórmula para obtener el peso específico SSS.*

$$Absorción = \frac{B - A}{A} \times 100$$

*Ecuación 8 Fórmula para obtener la absorción.*

**Donde:**

A= masa de la muestra seca al horno (gr)

B= masa de la muestra SSS (gr)

C= masa de la muestra sumergida, saturada en agua (gr).

**Tabla 8**

*Esquema a utilizar para el peso específico y absorción del agregado grueso.*

Descripción	U.M.	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr			
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr			
Peso de la muestra saturada en agua (sumergido)	gr			
<b>Peso específico base seca</b>				
<b>Peso específico base SSS</b>				
<b>Absorción</b>	<b>%</b>			

*Nota.* La tabla presenta el formato a utilizar para los resultados de peso específico y absorción del agregado fino. Elaboración propia (2025).

**2.7.2.5. Peso Unitario de los Agregados (NTP 400.017)**

El procedimiento para este ensayo establecido en la NTP 400.017 (2013), establece los siguientes pasos:

**Peso unitario suelto seco.**

- Seleccionar una muestra representativa de agregado, siguiendo criterios de muestreo establecidos.

- Asegurarse de que el material esté seco.
- Colocar el molde sobre una superficie plana y nivelada.
- Llenar el molde con el agregado, vertiéndolo de manera libre y uniforme, sin compactarlo ni agitarlo.
- Una vez lleno, nivelar la superficie del agregado con una regla o paleta, retirando el exceso.
- Pesar el agregado contenido en el molde.
- Registrar el peso total.

#### **Peso unitario compacto seco por apisonado**

- Seleccionar una muestra representativa de agregado.
- Verificar que el material esté libre de humedad.
- Colocar el molde sobre una superficie plana y estable.
- Llenar el molde con el agregado en capas uniformes, aproximadamente  $1/3$  del volumen por capa.
- Compactar cada capa con 25 golpes de la varilla metálica, distribuyendo los golpes de manera uniforme.
- Repetir el procedimiento con las siguientes capas hasta llenar completamente el molde.
- Nivelar la superficie del agregado con una paleta o regla, retirando el

exceso.

- Pesar el agregado contenido en el molde (WWW).
- Registrar el valor en la hoja de ensayo.
- por último, calcular el peso unitario del agregado con las siguientes fórmulas y plasmarlo en la Tabla 9.

$$PUSC = \frac{G_s - T}{V}$$

*Ecuación 9 Fórmula para obtener el peso unitario suelto seco.*

$$PUSC = \frac{G_c - T}{V}$$

*Ecuación 10 Fórmula para obtener el peso unitario compactado seco.*

**Donde:**

**G<sub>s</sub>**= masa de la muestra seca suelta seca (kg)

**G<sub>c</sub>**= masa de la muestra seca compacta seca (kg)

**T**= masa del recipiente (kg)

**V**= volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

**Tabla 9**

*Esquema a utilizar para el peso unitario del agregado.*

Descripción	U.M.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de recipiente + muestra suelta	kg				
Peso de recipiente + muestra apisonada	kg				
Peso del recipiente	kg				
Peso de muestra en estado suelto	kg				
Peso de muestra en estado compactado	kg				
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>				
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>				
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>				

*Nota.* La tabla presenta el formato a utilizar para los resultados de peso unitario del agregado fino y grueso. Elaboración propia (2025).

### 2.7.3. Diseño de mezcla (ACI 211).

El diseño de mezcla se realizará teniendo en cuenta lo establecido en ACI 211, el cual nos indica lo siguiente:

- Establecer la resistencia a compresión requerida del concreto a los 28 días.
- Determinar la trabajabilidad deseada según el tipo de construcción y método de colocación (slump o asentamiento).
- Definir el tamaño máximo del agregado grueso y las restricciones de agregados finos y gruesos.
- Determinar la relación agua-cemento (a/c) necesaria para lograr la resistencia requerida.
- Ajustar la relación a/c considerando la absorción y humedad de los agregados, así como la presencia de aditivos.
- Seleccionar el contenido mínimo de cemento según la resistencia y durabilidad

requerida.

- Ajustar el contenido considerando el tipo de cemento, la relación agua-cemento y la trabajabilidad deseada.
- Determinar la proporción de agregado grueso y fino según la granulometría y el tamaño máximo permitido.
- Ajustar las proporciones para obtener una mezcla densamente compactada y cohesiva, evitando vacíos excesivos.
- Determinar el contenido de agua total (agua de amasado + agua en agregados húmedos).
- Ajustar las proporciones de cemento y agregados para cumplir con la trabajabilidad y la densidad deseadas.

Para una resistencia de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y considerando los datos obtenidos de la caracterización de los agregados, se seguirá este procedimiento en la elaboración de las probetas patrón. En el caso de las probetas que contienen aditivo, se aplicará el mismo procedimiento, incorporando el aditivo SikaCem® plastificante en tres diferentes dosificaciones.

### **2.7.3.1. Ensayos de concreto**

#### **TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082).**

El ensayo de tiempo de fraguado se realizará según lo establecido en la NTP 339.082 (2011), la cual indica lo siguiente:

- Preparar el concreto siguiendo la mezcla de diseño definida para el ensayo.

- Asegurarse de que el concreto esté homogéneo y se mantenga a temperatura ambiente.
- Llenar el cilindro del Vicat con la mezcla de concreto fresco, evitando burbujas de aire.
- Nivelar la superficie con una espátula, asegurando que quede uniforme.
- Colocar la aguja del Vicat sobre la superficie del concreto fresco.
- Dejar que la aguja penetre por su propio peso.
- Registrar el tiempo transcurrido desde el mezclado hasta que la aguja deja una penetración limitada, indicativa de que el concreto empieza a perder su plasticidad.
- Repetir la medición periódicamente hasta identificar el inicio del fraguado.
- Sustituir la aguja por la de fin de fraguado (con peso adicional).
- Colocar la aguja sobre la muestra y permitir la penetración.
- Registrar el tiempo en que la aguja apenas deja una marca perceptible, indicando que el concreto ha alcanzado un estado de endurecimiento suficiente.
- Registrar los siguientes datos como la hora de inicio del ensayo y tiempo transcurrido, el tiempo de inicio y fin de fraguado en minutos y el tipo de concreto y condiciones ambientales (temperatura y humedad).
- calcular las constantes de fraguado inicial y final se utilizando las siguientes funciones:

$$\text{Log}(RP) = a + b\text{Log}(t)$$

*Ecuación 11 Ecuación logarítmica.*

$$RP = a \times t^b$$

*Ecuación 12 Ecuación exponencial.*

**Donde:**

**RP**= Resistencia a la penetración

**t**= Tiempo transcurrido

**a y b**= constante de regresión.

Se utiliza el método de mínimos cuadrados para calcular las constantes de regresión, se estableció lo siguiente:

$$B = \frac{n(\sum \text{Log}(t) \times \text{Log}(RP)) - (\sum \text{Log}(t))(\sum \text{Log}(RP))}{n(\sum \text{Log}(t)^2) - (\sum \text{Log}(t))^2}$$

*Ecuación 13 Ecuación de mínimos cuadrados – coeficiente de regresión B.*

$$A = \overline{\text{log}(RP)} - B \overline{\text{log}(t)}$$

*Ecuación 14 Ecuación de mínimos cuadrados – coeficiente de regresión A.*

**Donde:**

$\overline{\text{log}(RP)}$ = promedio de Log(RP)

$\overline{\text{log}(t)}$ = promedio de Log(t)

**n**= número de penetraciones.

Para este ensayo se estableció las siguientes tablas para el cálculo de la ecuación logarítmica y mínimos cuadrados:

**Tabla 10**  
*Esquema de cálculo de ecuación logarítmica y mínimos cuadrados*

Numero de penetraciones	Carga aplicada (lb)	Área de contacto (pulg <sup>2</sup> )	Tiempo transcurrido (min)	Resistencia a la penetración (lb/pulg <sup>2</sup> )		Log(RP) * Log(t)	Log(t) <sup>2</sup>
				Log(t)	Log(RP)		

*Nota.* La tabla presenta el formato cuando se usa el método de cálculo para obtener la ecuación logarítmica del tiempo de fraguado. Elaboración propia (2025).

**Tabla 11**  
*Esquema de cálculo del tiempo de fraguado*

Aditivo	Dosificación de aditivo	Tiempo de fraguado (min)		Tiempo transcurrido (min)
		Inicial	final	

*Nota.* La tabla presenta el formato para los resultados del ensayo del tiempo de fraguado inicial y final. Elaboración propia (2025).

## HISTORIAL TERMICO (NTP 339.217).

El ensayo de historial térmico se realizará según lo establecido en la NTP 339.217 (2011), la cual indica lo siguiente:

- Se utilizan sensores de temperatura (termopares) o registradores electrónicos de datos, los cuales deben estar calibrados y aptos para trabajar en ambientes húmedos y alcalinos.
- Se prepara un concreto representativo según el diseño de mezcla.
- Inmediatamente después del mezclado, se inserta el sensor de temperatura dentro del concreto fresco, en el centro geométrico del espécimen o en el punto crítico de la estructura (si es en campo).
- El sensor se debe proteger adecuadamente para asegurar una buena conexión térmica sin interferencias del entorno.
- El sensor empieza a registrar la temperatura del concreto desde el instante de colocación, con intervalos de registro preestablecidos (por ejemplo, cada 10 o 15 minutos).
- El registro se mantiene continuo hasta el tiempo definido (comúnmente 7 días o hasta alcanzar la resistencia de diseño).
- Con los datos de temperatura y tiempo, se calcula el índice de madurez (M) usando una de las siguientes fórmulas:

### Método de Nurse-Saul:

$$M(t) = \sum(T_a - T_o) * \Delta t$$

*Ecuación 15 Ecuación de método de Nurse Saul para cálculo de índice de madurez.*

**Donde:**

$T_a$  = temperatura promedio durante el intervalo

$T_o$  = temperatura umbral (normalmente 0 °C o 10 °C)

$\Delta t$  = intervalo de tiempo en horas

**Método de Arrhenius (más preciso):**

$$M(t) = \sum e^{\left(\frac{E_a}{R*(T+273)}\right)} * \Delta t$$

*Ecuación 16 Ecuación de método de Arrhenius para cálculo de índice de madurez.*

(Donde  $E_a$  es la energía de activación,  $R$  la constante de gases, y  $T$  la temperatura en ° centígrados).

- Se realiza previamente un estudio de correlación entre madurez y resistencia a compresión (curva madurez-resistencia).
- Usando esta curva, se puede estimar la resistencia del concreto en diferentes edades según su historial térmico.
- Se debe evitar que el sensor se desplace dentro del concreto.

### **RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO (NTP 339.034).**

El ensayo de historial térmico se realizará según lo establecido en la NTP 339.034 (2020), la cual indica lo siguiente:

- Se utilizan cilindros de concreto de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, moldeados y curados según la NTP 339.033.
- Los cilindros deben mantenerse en curado húmedo (agua o cámara con 100% de humedad) hasta el momento del ensayo, comúnmente

a los 7, 14 o 28 días, en este caso se realizará a los 3, 7 y 28 días.

- Antes de realizar el ensayo, se revisan los cilindros para detectar grietas, defectos o daños. Si presentan imperfecciones que afecten el resultado los cilindros serán descartados.
- Se limpia el cilindro y se asegura que esté a temperatura ambiente.
- Se verifica que las superficies estén planas y perpendiculares al eje.  
En caso necesario, se nivela usando almohadillas de neopreno, tapones de yeso de azufre o cera sulfurada, según lo indicado por la norma.
- El cilindro se coloca centrado en la platina inferior de la máquina de compresión. El eje vertical del cilindro debe coincidir con el eje de carga.
- Se aplica una carga creciente sin golpes ni interrupciones, a una velocidad constante de:  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s (o su equivalente en carga por minuto según la maquina)
- La carga continúa hasta que el espécimen falle (se agriete o colapse). En ese momento, se registra la carga máxima alcanzada.

Luego se realiza el cálculo de la resistencia a la compresión con la siguiente ecuación y se registrara en la tabla 12:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

*Ecuación 17 Ecuación de cálculo de resistencia a la compresión.*

**Donde:**

*f'c = resistencia a la compresión (MPa)*

*P= carga máxima aplicada (N)*

$A$  = área de la sección transversal del cilindro ( $mm^2$ ), generalmente  $15,000 mm^2$  para un cilindro de 150 mm de diámetro.

**Tabla 12**  
*Esquema de cálculo de resistencia a la compresión*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección ( $cm^2$ )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión ( $f'c$ )	Resistencia a la compresión promedio ( $f'c$ )
---------	----------------	------------------	-------------------------------	---------------	--	--

*Nota.* La tabla presenta el formato para los resultados del ensayo del tiempo de resistencia a la compresión Elaboración propia (2025).

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En esta investigación se llevó a cabo el diseño y la preparación de mezclas de concreto para losas aligeradas, incorporando diferentes dosis de aditivo plastificante. A estas mezclas se les realizaron diversos ensayos, tanto en estado fresco como endurecido. En el estado fresco se evaluó el tiempo de fraguado, mientras que en el estado endurecido se determinaron la resistencia a la compresión y el comportamiento frente al historial térmico.

#### 3.1. Determinación del tiempo de fraguado de las mezclas de concreto con aditivo plastificante en diferentes porcentajes.

El tiempo de fraguado se evaluó mediante la resistencia a la penetración, y los resultados se presentan en las figuras de la 12 a 15, mostrando los tiempos de inicio y fin de fraguado de cada muestra según la norma NTP 339.082. A continuación, se detallan los resultados:

**Tabla 13**  
*Resultados del ensayo de tiempo de fraguado inicial y final*

Aditivo	Dosificación de aditivo	Tiempo de fraguado (min)		Tiempo transcurrido (min)
		Inicial	final	
SikaCem® plastificante	0%	770	933	163
	10%	460	607	147
	20%	442	637	195
	30%	578	694	116

*Nota.* La tabla presenta el tiempo de fraguado inicial y final en minutos. Elaboración propia (2025).

### 3.2. Evaluación del desempeño de la resistencia a la compresión de concreto con aditivo plastificante en diferentes porcentajes.

El ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, se evaluó mediante la rotura de las probetas a los 3, 7 y 28 días por cada mezcla de concreto, siguiendo los lineamientos de la NTP 339.034, registrando los resultados los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 14**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 3 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
	3	10.3	82.5	8,528.8	103	
PATRON	3	10.3	82.5	9,798.3	119	112
	3	10.3	82.8	9392.5	113	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra patrón con 3 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 15**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 7 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
	7	10.3	82.8	14,669.4	177	
PATRON	7	10.3	82.7	14,946.8	181	179
	7	10.3	82.6	14,858.00	180	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra patrón con 7 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 16**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 28 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
	28	10.3	82.7	19,588.4	237	
PATRON	28	10.3	82.8	18,832.8	227	230
	28	10.2	82.4	18,581.0	225	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra patrón con 28 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 17**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 10% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 3 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
10% DE REEMPLAZO DEL AGUA	3	10.2	82.4	10,613.0	129	131
	3	10.3	82.8	10,603.9	128	
	3	10.3	82.6	11,183.00	135	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 10% de reemplazo del agua con 3 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 18**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 10% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 7 días de edad*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
10% DE REEMPLAZO DEL AGUA	7	10.2	82.2	16,292.8	198	198
	7	10.3	82.8	16,997.4	205	
	7	10.3	82.8	15,680.90	189	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 10% de reemplazo del agua con 7 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 19**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 10% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 28 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
10% DE REEMPLAZO DEL AGUA	28	10.3	82	18,713.5	228	238
	28	10.3	82.7	19,773.0	239	
	28	10.2	82.6	20,297.10	246	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 10% de reemplazo del agua con 28 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 20**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 20% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 3 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
20% DE REEMPLAZO DEL AGUA	3	10.3	82.7	13,354.0	161	163
	3	10.3	82.7	13,930.1	168	
	3	10.3	82.7	13,111.30	159	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 20% de reemplazo del agua con 3 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 21**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 20% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 7 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
20% DE REEMPLAZO DEL AGUA	7	10.3	82.6	17,212.5	208	
	7	10.3	82.6	16,691.5	202	199
	7	10.2	82.4	15,458.70	188	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 20% de reemplazo del agua con 7 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 22**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 20% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 28 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
20% DE REEMPLAZO DEL AGUA	28	10.2	81.7	19,188.7	235	
	28	10.2	82.1	21,561.6	263	255
	28	10.3	82.5	22,070.40	268	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 20% de reemplazo del agua con 28 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 23**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 30% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 3 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
30% DE REEMPLAZO DEL AGUA	3	10.3	82.6	7,605.9	92	95
	3	10.3	82.8	7,950.6	96	
	3	10.3	82.8	8,141.30	98	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 30% de reemplazo del agua con 3 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 24**

*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 30% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 7 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
30% DE REEMPLAZO DEL AGUA	7	10.3	82.6	11,686.8	141	156
	7	10.3	82.6	13,547.7	164	
	7	10.3	82.8	13,566.10	164	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 30% de reemplazo del agua con 7 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Tabla 25**

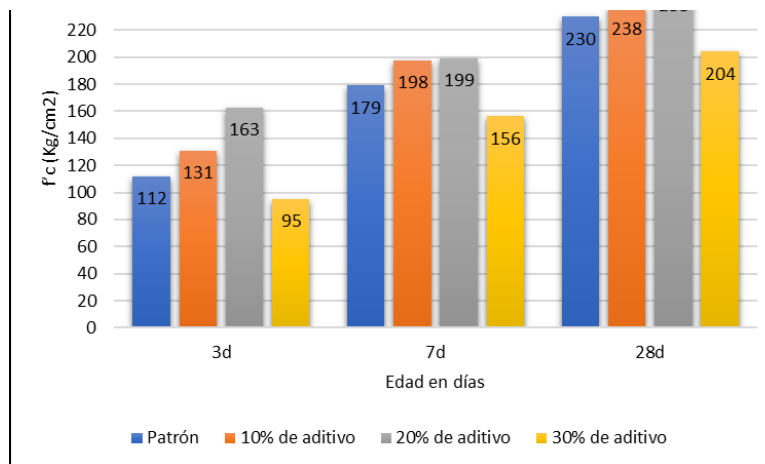
*Resultados de Resistencia a la compresión de la muestra con adición al 30% de reemplazo de agua de aditivo plastificante a los 28 días de edad.*

Muestra	Edad (días)	Diámetro (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia a la compresión (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión prom. (f'c) (Kg/cm <sup>2</sup> )
30% DE REEMPLAZO DEL AGUA	28	10.3	82.5	16,393.7	199	
	28	10.2	82.4	16,627.2	202	204
	28	10.3	82.7	17,499.10	212	

*Nota.* La tabla presenta la carga máxima aplicada a la muestra con adición de aditivo plastificante al 30% de reemplazo del agua con 28 días de maduración en Kg además de la resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>. Elaboración propia (2025).

**Figura 1**

*Resultados de la resistencia a la compresión según los porcentajes del aditivo SikaCem® plastificante.*

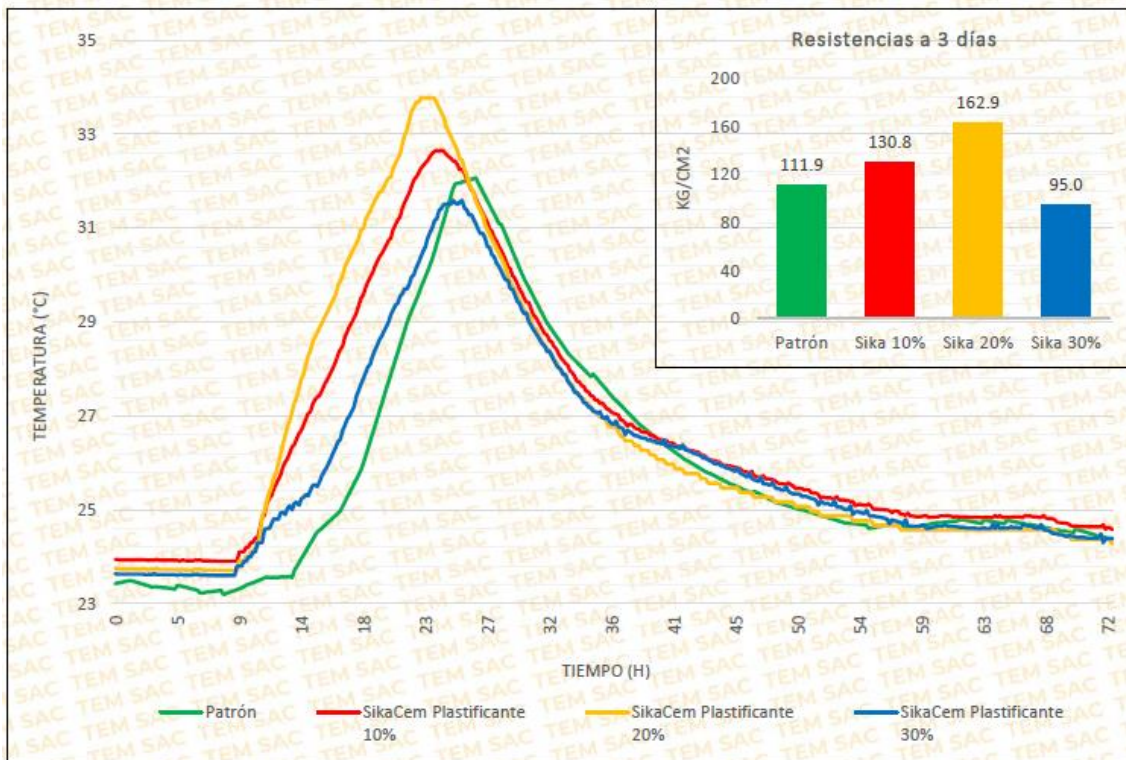


*Nota.* En esta gráfica se presenta la resistencia a la compresión de cada muestra con diferentes porcentajes de aditivo SikaCem® - plastificante en el eje vertical y en el eje horizontal la edad de rotura en días. Elaboración propia (2025).

### 3.3. Determinación del historial térmico de concreto con aditivo plastificante en diferentes porcentajes.

El ensayo se desarrolló colocando sensores en las probetas en estado fresco, estos fueron permanecieron registrando los datos durante 72 horas (3 días), los resultados obtenidos del registro de los sensores se muestran a continuación:

**Figura 2**  
Resultados del historial térmico según los porcentajes del aditivo SikaCem® plastificante



*Nota.* En esta gráfica se presenta la temperatura en °C en el eje vertical y en el eje horizontal el tiempo en horas. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1. Discusión.**

#### **RESPUESTA A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

Los resultados alcanzados en la presente investigación respecto a la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión, permiten aceptar parcialmente la hipótesis, ya que la sobredosificación del aditivo plastificante prolonga el tiempo de fraguado solo con el 20% de aditivo de reemplazo de agua, y en los porcentajes de 10% y 30% de reemplazo de agua el tiempo de fraguado disminuye, siendo que en la hipótesis se dijo que con la sobredosificación se prolongaría el tiempo de fraguado, por otro lado en cuanto al historial térmico si presenta alteraciones, sobre todo entre las 9 y 30 horas de la toma de datos, por otro lado en cuanto a la resistencia a la compresión se observa que se reduce de manera drástica con la adición del 30% de reemplazo del agua del aditivo plastificante, teniendo una resistencia superior con los porcentajes menores de aditivo.

#### **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

En la tabla 13 se observa que el tiempo de fraguado para la muestra patrón es de 163 min (2 horas y 43 minutos), para el concreto con aditivo plastificante al 10% de reemplazo de agua es de 147 min (2 horas y 27 minutos), quedando por debajo de la muestra patrón en un 9.82%, por otro lado el concreto con aditivo plastificante al 20% de reemplazo de agua muestra un aumento de 19.63%, por ultimo con la dosificación de 30% de reemplazo de agua el tiempo de fraguado disminuye un 28.83% con respecto al de la muestra patrón.

En las tablas 14, 15 y 16, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 3, 7 y 28 días de curado, mostrando que la

resistencia promedio a los 3 días fue de 112 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días fue de 179 Kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días fue de 230 Kg/cm<sup>2</sup>, en las tablas 17, 18 y 19 se muestran los resultados del concreto con aditivo plastificante al 10% de reemplazo de agua, donde se obtuvo a los 3 días la resistencia de 131 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días se obtuvo 198 Kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días se obtuvo 238 Kg/cm<sup>2</sup>, en las tablas 20, 21 y 22 se muestran los resultados a los 3, 7 y 28 días del concreto con aditivo plastificante al 20% de reemplazo de agua cuyas resistencias fueron 163, 199 y 255 Kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, por último en las tablas 23, 24 y 25 se muestran los resultados del concreto con aditivo plastificante al 30% de reemplazo de agua, cuyas resistencias fueron 95, 156 y 204 Kg/cm<sup>2</sup> a los 3, 7 y 28 días respectivamente. Con respecto a la muestra patrón, en los porcentajes de 10 y 20% las resistencias aumentaron, y con el 30% de aditivo las resistencias a la compresión disminuyeron considerablemente en comparación a las obtenidas en la muestra patrón.

En la figura 2 se muestra la gráfica del historial térmico, en donde se observa las variaciones térmicas durante 72 horas, viéndose la mayor diferencia entre la muestra patrón y las muestras al 10%, 20% y 30% de aditivo plastificante, entre las 9 y 30 horas de la toma de datos.

Los resultados alcanzados muestran que la sobredosificación de aditivo SikaCem® plastificante causan variaciones en las propiedades estudiadas.

## **COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON ANTECEDENTES**

Teniendo el antecedente de Alejandro y Costa (2019), quienes generaron 5 nomogramas teniendo en cuenta el contenido de cemento y la relación a/c, en los cuales se identificó que mientras a mayor cantidad de aditivo plastificante se incrementa el tiempo de fraguado en un 60% a 70% en promedio, además indican que a mayor cantidad de cemento (Kg/cm<sup>3</sup>) en la mezcla el aditivo mejora su desempeño, por lo cual se requiere

menor cantidad de aditivo en las mezclas con mayor cantidad de cemento. Por otro lado, Ilaita (2024), menciona que al adicionar acelerante de fragua el tiempo de fraguado mejoró considerablemente, teniendo que la muestra patrón tuvo un tiempo de fraguado de 136min, mientras que la muestra con 4% de adición de aditivo Sikacem – acelerante tuvo un tiempo de fraguado de 72 min, asimismo, la muestra con 5% de Euco presenta un tiempo de fraguado de 89 min y por último la muestra con 3% de Chema presenta un tiempo de fraguado de 80 min, lo que indica que al adicionar acelerantes de fraguado el tiempo de fraguado mejora considerablemente. Y por último Contreras y Graus (2021), utilizando un aditivo retardante obtuvieron que el tiempo de fraguado de su muestra patrón tardó 172 minutos, la muestra al 0.25% de aditivo en peso del cemento tuvo un tiempo de fraguado de 175 minutos lo que indica un aumento de 1.74% en comparación a la muestra patrón, la muestra con 0.50% presenta un aumento de 48%, la muestra de 0.75% presenta un incremento de 45% y la muestra con 1.00% un 59% de incremento. Además, indican que dado que las partículas del aditivo se integran con las del cemento, se reduce la velocidad de la reacción química del agua y cemento, lo que genera que el proceso de fraguado se retrase, por lo que se obtuvo que la muestra patrón inició su proceso de fraguado en el minuto 325 y terminó en el minuto 500, la muestra con 0.25% de aditivo empezó en el minuto 445 y terminó en el minuto 620 y por último el concreto con 1.00% de aditivo empezó en el minuto 1,480 y culminó en el minuto 1,754, lo que indica una diferencia considerable con respecto a la muestra patrón.

Por otro lado, en cuanto a la resistencia a la compresión, tenemos que Fernández, Morales y Soto (2016), mencionan que utilizaron un aditivo superplastificante PSP NLS sobre los diseños de muestras patrón, obteniendo como resultado que 7 días, con una dosis máxima de aditivo, la resistencia fue mayor a la de la muestra patrón, sin embargo, a los

28 días, las resistencias fueron muy similares. Por otro lado, la mezcla de concreto con sobredosificación de aditivo alcanzó una resistencia ligeramente superior a la muestra patrón, en edades mayores o iguales a los 28 días. También Sandoval (2022), menciona que el concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$  con adición de 2% de Fibra de Acero y 1% de aditivo plastificante, fue el que mejor resultados tuvo en cuanto a la resistencia a la compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad a comparación del concreto patrón. Por ultimo Tello (2019), menciona que el diseño de mezcla de concreto, se reemplazó el agregado natural por agregado de concreto reciclado en proporciones de 80%, 60%, 40% y 20% además de aditivo Sikacem®- plastificante, en dosis de 0.706% y 1.402% del peso del concreto, teniendo por la resistencia a la compresión se elevó considerablemente en consideración a las muestras patrones, obteniendo que las resistencias a los 3, 7, 14 y 28 días superaron a la resistencia de las muestras patrones en más de un 10%. Al realizar una comparativa de los antecedentes con este trabajo de investigación se concluye que se debe evaluar las 3 propiedades del concreto en conjunto con el fin que ninguna se vea comprometida. Por consecuencia esta investigación recomienda utilizar la mezcla de concreto con aditivo plastificante al 20% de reemplazo de agua, ya que en estas condiciones la resistencia a la compresión a los 3 días presenta un 45.5% de incremento con respecto a la muestra patrón, además con la mezcla de concreto con aditivo plastificante al 30% de reemplazo de agua, la resistencia a la compresión a los 3 días disminuye un 15.2% con respecto a la mezcla patrón.

### **LIMITACIONES Y APORTES**

La principal limitante que tuve para realizar esta investigación, fue la realización de los ensayos, ya que el laboratorio se encuentra en la Ciudad de Trujillo y yo me encuentro a 12 horas de viaje en bus, teniendo que viajar para cada ensayo a realizar.

Como aportes de esta investigación se destaca que proporciona información confiable, para profesionales del sector construcción, ya que ante una eventual sobredosificación de aditivo Sikacem®- plastificante, durante la ejecución de un proyecto, el concreto no verá comprometida su resistencia al contrario podría superar la resistencia de diseño. Por lo tanto, se recomienda utilizar un concreto con aditivo plastificante al 20% de reemplazo de agua ya que con este porcentaje se obtiene un incremento considerable en la resistencia a la compresión. por último, esta investigación servirá para futuras investigaciones como antecedente en temas relacionados a la sobredosificación de aditivo plastificante.

#### **4.2. Conclusiones**

Se cumplió con el objetivo establecido de la investigación, evidenciándose que la sobredosificación del aditivo retardante Sikacem®- plastificante en el concreto ejerce una influencia directa sobre el tiempo de fraguado, historial térmico y la resistencia a la compresión. ya que la sobredosificación permitió una variación en el tiempo de fraguado, una leve variación en el historial térmico y optimizar las resistencias a la compresión.

Se realizó el diseño de mezcla para el concreto de  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ , para la mezcla patrón, así como también para los concretos con aditivo al 10%, 20% y 30% de reemplazo de agua, teniendo en cuenta los lineamientos de ACI 211.1.

Se evaluó el tiempo de fraguado para la muestra patrón y para cada muestra con aditivo Sikacem®- plastificante al 10%, 20% y 30% de reemplazo de agua, teniendo como resultado que para la mezcla patrón el tiempo de fraguado fue de 163 minutos y para los concretos con aditivo, fue de 147 minutos, 195 minutos y 116 minutos respectivamente. Observándose también una variación en el tiempo de inicio de proceso de fraguado teniendo que a mayor cantidad de aditivo este proceso se acelera. Por lo cual

se concluye que la sobredosificación de aditivo Sikacem®- plastificante, acelera el proceso de fraguado.

Se evaluó la variación del historial térmico, obteniéndose una leve variación sobre todo en la hora 9 y la hora 30 de la toma de datos.

Se analizó el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto estudiado (patrón, aditivo al 10%, 20% y 30% de reemplazo de agua), obteniendo resultados muy favorables a los 28 días de curado. Por lo cual se concluye que el valor máximo fue a los 28 días con la mezcla con aditivo Sikacem®- plastificante al 20% de reemplazo de agua, donde el valor fue  $255\text{Kg/cm}^2$ , ya que con el 30% de aditivo este valor disminuyó considerablemente.

## REFERENCIAS

- ACI Committee 207. (2007). *Informe sobre los efectos del cambio térmico y de volumen en el agrietamiento del hormigón en masa Primera*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/847443739/ACI-207-2r-07-Concreto-Masivo>
- ACI Committee 212. (2016). *Report on chemical admixtures for concrete*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/441943819/ACI-212-3R-16-Chemical-admixtures-for-concrete>
- ACI Committee 305. (2020). *Guide to Hot Weather Concreting*. Recuperado de [https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/305R-20\\_preview.pdf](https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/305R-20_preview.pdf)
- ACI Committee 308. (2016). *Guide to External Curing of Concrete*. Recuperado de [https://www.concrete.org/portals/0/files/pdf/previews/308r\\_16\\_preview.pdf](https://www.concrete.org/portals/0/files/pdf/previews/308r_16_preview.pdf)
- ACI Committee 318. (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19)*. Recuperado de [https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/318-19\\_preview.pdf](https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/318-19_preview.pdf)
- ACI Committee 347. (2014). *Guide to formwork for concrete*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/475372104/347R-14-Guide-to-Formwork-for-Concrete>
- ACI Committee 421. (2015). *Guide to the design of reinforced concrete slabs systems*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/339074504/ACI-421-3R-15-Guide-to-Design-of-Reinforced-Two-Way-Slab-Systems>
- ASTM C39. (2020). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM International. Recuperado de [https://www.astm.org/c0039\\_c0039m-20.html?utm\\_source=](https://www.astm.org/c0039_c0039m-20.html?utm_source=)
- Alejandro, A.A., & Costa, A.P. (2019). *Variabilidad del tiempo de fraguado del hormigón debido a la mezcla de aditivos retardantes y plastificantes*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51464>
- ASTM C403. (2019). *Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance*. ASTM International.

- ASTM C494. (2019). *Standard specification for chemical admixtures for concrete*. ASTM International.
- Contreras, F.L., & Graus, C.A.M. (2021). *Influencia de la sobredosificación del aditivo sika-retarder pe en el concreto sobre el asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión, Trujillo 2021*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29588>
- Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (2016). *Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días*. *Revista INGENIERÍA UC*, 23(2), 197–203. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70746634010>
- Flores-Colen, I., de Brito, J., & Veiga, R. (2019). *Thermal and acoustic performance of lightweight concrete slabs*. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.196?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.196?utm_source=)
- García-Taengua, E., Sonebi, M., & Hossain, K. M. (2018). *Influence of chemical admixtures on the rheology and strength development of cementitious materials*. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.192?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.192?utm_source=)
- Hernández, J., Martínez, P., & González, R. (2020). *Optimizing material consumption in lightweight slab systems*. Recuperado de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943541X.0002530?utm\\_source=](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943541X.0002530?utm_source=)
- Huang, W., Gao, X., & Qian, C. (2020). *Effect of superplasticizer on the pore structure and mechanical properties of cement pastes*. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106040?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106040?utm_source=)
- Ilaita, C.Y. (2024). *Evaluación del tiempo de fraguado del concreto con adición de acelerantes de fragua en la ciudad de Juliaca*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Recuperado de <https://repositorio.uancv.edu.pe/items/e3629b35-7de0-4d6a-9d8e-f0397f99a24b>

- Justs, J., Wyrzykowski, M., & Lura, P. (2015). *Influence of curing conditions on the early-age performance of concrete*. Recuperado de [https://doi.org/10.1617/s11527-015-0629-3?utm\\_source=](https://doi.org/10.1617/s11527-015-0629-3?utm_source=)
- Justs, J., Wyrzykowski, M., & Lura, P. (2015). *Influence of superplasticizers on the hydration and microstructure of cementitious systems at early ages*. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.058?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.058?utm_source=)
- Kosmatka, S. H., & Wilson, M. L. (2016). *Design and control of concrete mixtures (16th ed.)*. Portland Cement Association. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.058?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.058?utm_source=)
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials (4th ed.)*. McGraw-Hill. Recuperado de [https://www.google.com.pe/books/edition/Concrete\\_Microstructure\\_Properties\\_and\\_M/X84TAgAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&bsq=concrete:+Microstructure,+properties,+and+materials.+McGraw-Hill.&dq=concrete:+Microstructure,+properties,+and+materials.+McGraw-Hill.&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Concrete_Microstructure_Properties_and_M/X84TAgAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&bsq=concrete:+Microstructure,+properties,+and+materials.+McGraw-Hill.&dq=concrete:+Microstructure,+properties,+and+materials.+McGraw-Hill.&printsec=frontcover)
- Neville, A. M. (2012). *Properties of concrete (5th ed.)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/179333878/Info>
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2019). *Concrete technology (2nd ed.)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/226900571/a-M-Neville-J-J-Brooks-Concrete-Technology-2nd-Ed-Engineersdaily-com>
- Norma Técnica Peruana (2005). NTP 334.009 Cementos. *Cementos Portland. Requisitos*. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2011). NTP 339.035 Hormigón (Concreto), Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2011). NTP 339.082 Concreto. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. Lima, Perú.

- Norma Técnica Peruana (2013). NTP 400.017 Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2013). NTP 339.185 Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2013). NTP 400.012 Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2013). NTP 400.021 Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2013). NTP 400.022 Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2011). NTP 339.217 Concreto. Método de ensayo normalizado para la estimación de la resistencia del concreto por el método de madurez. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2020). NTP 339.027. Diseño y construcción de losas aligeradas. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana (2020). NTP 339.034. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto. Lima, Perú.
- Rodríguez, L., & Pérez, M. (2018). Load distribution analysis in lightweight slab systems. *Engineering Structures*, 175, 718-730. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.058?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.058?utm_source=)
- Sakai, E., & Sugita, S. (2019). *Interaction mechanism between cement and superplasticizers. Cement and Concrete Composites*, 103, 118-126. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103?utm\\_source=](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103?utm_source=)
- Sandoval, F.E. (2022). *Efectos de la incorporación de fibras de acero en las propiedades mecánicas del concreto con aditivo plastificante, Lambayeque 2020*. (Tesis de

Licenciatura). Universidad Señor de Sipán. Recuperado de  
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9655>

Santos, P., Costa, A., & Ferreira, R. (2017). Structural behavior of lightweight reinforced concrete slabs. *Materials and Structures*, 50(1), 12. Recuperado de [https://doi.org/10.1617/s11527-016-0882-5?utm\\_source=](https://doi.org/10.1617/s11527-016-0882-5?utm_source=)

Tello, J.B. (2019). *Estudio de la eficiencia del aditivo sika® cem plastificante en el diseño de mezclas de concreto de alta resistencia utilizando concreto reciclado en Chiclayo – 2017*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Señor de Sipán. Recuperado de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5876>

ANEXOS

ANEXO N°1: Contenido de Humedad Agregado Fino

Figura 3

Resultados del contenido de unidad del agregado fino.



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-967069942  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
 NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

**1. INFORMACION GENERAL**

**MATERIAL** : Agregado fino  
**PROCEDENCIA** : Cantera El Milagro - Trujillo  
**SOLICITANTES** : Merly Jakeline Burgos Ordoñez  
**PROYECTO** : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente	g	219.8	194.3	202.5	
Peso recipiente + muestra húmeda	g	1,230.4	1,209.7	1,315.1	
Peso recipiente + muestra seca	g	1,225.6	1,205.2	1,310.8	
Peso de muestra húmeda	g	1,010.6	1,015.4	1,112.6	
Peso de muestra seca	g	1,005.8	1,010.9	1,108.3	
Peso de agua	g	4.8	4.5	4.3	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.5	0.4	0.4	<b>0.4</b>

**OBSERVACIONES:**  
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Ing. Fernando Octavio Rodríguez Loyola  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Aseguramiento de Calidad  
 CIP N° 203034





Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591


**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo website: www.tem-concrete.com

Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos al realizar el ensayo de contenido de humedad al agregado fino. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°2: Peso Unitario Suelto y Compactado**

**Figura 4**

Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



RUC: 20608132016  
Contacto: 936194709-967069942  
Email: ventas@tem-concrete.com

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**  
NORMA DE ENSAYO NTP 400.017


**1. INFORMACION GENERAL**

**MATERIAL** : Agregado fino  
**PROCEDENCIA** : Cantera El Milagro - Trujillo  
**SOLICITANTES** : Merly Jakeline Burgos Ordoñez  
**PROYECTO** : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas


**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

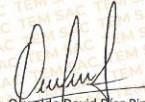
Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	21.86	21.90	21.92	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	23.40	23.40	23.38	
Peso de recipiente	kg	6.32	6.32	6.32	
Peso de muestra en estado suelto	kg	15.54	15.58	15.60	
Peso de muestra en estado compactado	kg	17.08	17.08	17.06	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0095	0.0095	0.0095	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,634</b>	<b>1,638</b>	<b>1,640</b>	<b>1,637</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,796</b>	<b>1,796</b>	<b>1,794</b>	<b>1,795</b>

**OBSERVACIONES:**  
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Ing. Fernando Octavio Rodríguez Loyola  
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
Jefe de Aseguramiento de Calidad  
CIP N° 203034





Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
Jefe de laboratorio  
CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo  
 website: www.tem-concrete.com

Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos al realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°3: Peso Específico y Absorción Agregado Fino**

**Figura 5**

Resultados del peso específico y absorción del agregado fino.



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-9670699429  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION**  
 NORMA DE ENSAYO NTP 400.022


**1. INFORMACION GENERAL**

**MATERIAL** : Agregado fino  
**PROCEDENCIA** : Cantera El Milagro - Trujillo  
**SOLICITANTES** : Merly Jakeline Burgos Ordoñez  
**PROYECTO** : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas


**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

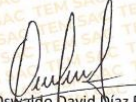
Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra seca en horno al aire	g	498.9	498.9	
Peso del picnómetro lleno de agua	g	685.7	645.7	
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	g	983.3	942.3	
Peso de la muestra en estado SSS	g	500.0	500.0	
<b>Peso específico base seca</b>	g/cm <sup>3</sup>	2.46	2.45	<b>2.46</b>
Peso específico base SSS	g/cm <sup>3</sup>	2.47	2.46	2.47
<b>Absorción</b>	%	0.2	0.2	<b>0.2</b>

**OBSERVACIONES:**  
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Ing. Fernando Octavio Rodríguez Loyola  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Aseguramiento de Calidad  
 CIP N° 203034





Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

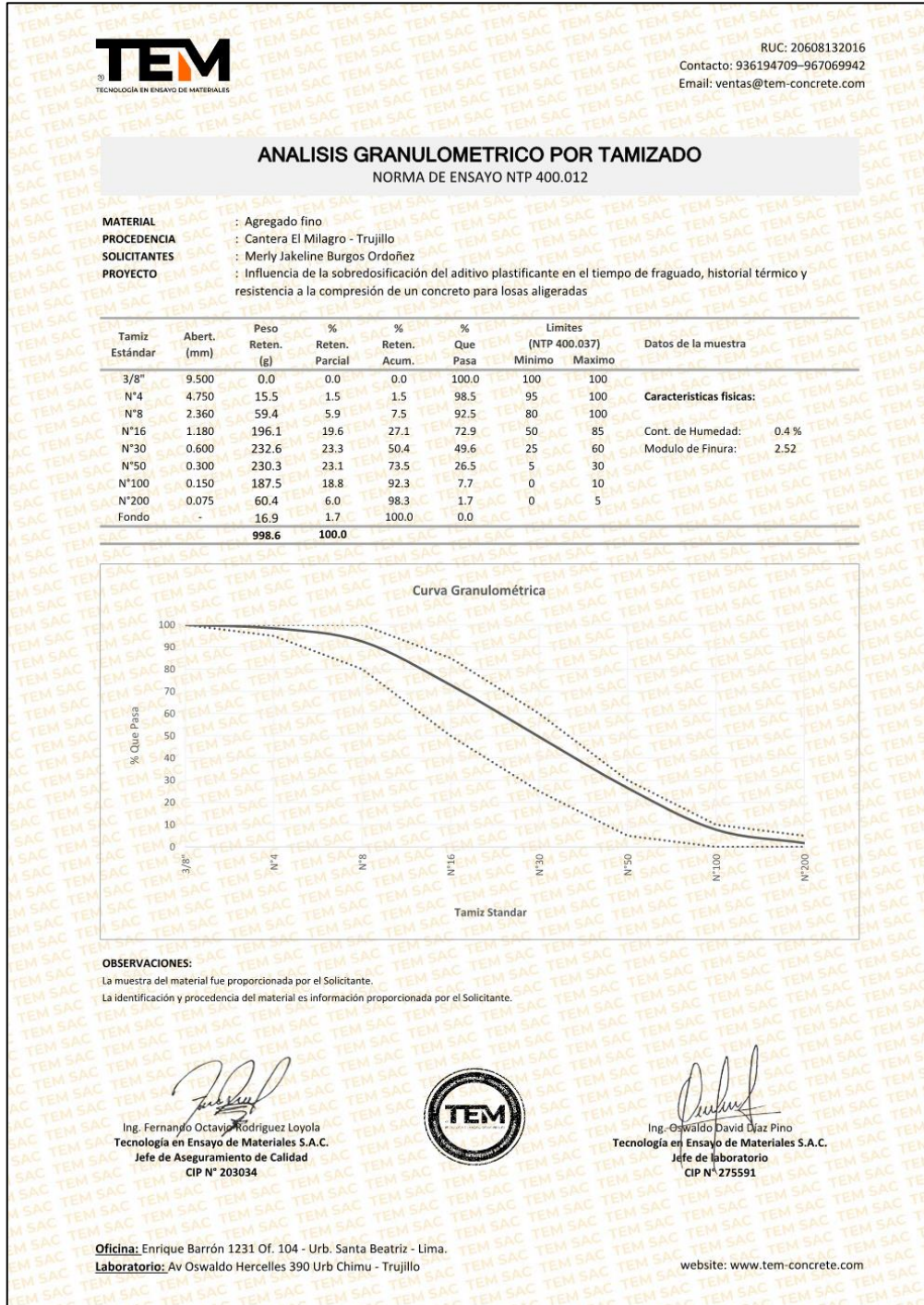
**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo  
 website: www.tem-concrete.com

Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

ANEXO N°4: Análisis Granulométrico Por Tamizado Agregado Fino

Figura 6

Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.




Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°5: Contenido de Humedad Agregado Grueso**

**Figura 7**

Resultados del contenido de unidad del agregado grueso.



RUC: 20608132016  
Contacto: 936194709-967069942  
Email: ventas@tem-concrete.com

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

**1. INFORMACION GENERAL**

**MATERIAL** : Agregado grueso

**PROCEDENCIA** : Cantera El Milagro - Trujillo


**SOLICITANTES** : Merly Jakeline Burgos Ordoñez


**PROYECTO** : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas

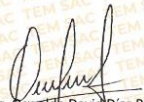
**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente	g	280.6	278.5	283.1	
Peso recipiente + muestra húmeda	g	3,005.7	2,741.4	3,010.4	
Peso recipiente + muestra seca	g	3,000.9	2,734.8	3,005.6	
Peso de muestra húmeda	g	2,725.1	2,462.9	2,727.3	
Peso de muestra seca	g	2,720.3	2,456.3	2,722.5	
Peso de agua	g	4.8	6.6	4.8	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.2	0.3	0.2	<b>0.2</b>

**OBSERVACIONES:**  
La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

  
 Ing. Fernando Octavio Rodríguez Loyola  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Aseguramiento de Calidad  
 CIP N° 203034



  
 Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.

**Laboratorio:** Av. Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com


Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos al realizar el ensayo de contenido de humedad al agregado grueso. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°5: Peso Unitario Suelto Y Compactado**

Burgos, M **Figura 8**

Resultados del peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-967069942  
 Email: ventas@tem-concrete.com



**TEM**  
 TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**  
 NORMA DE ENSAYO NTP 400.017


**1. INFORMACION GENERAL**

**MATERIAL** : Agregado grueso  
**PROCEDENCIA** : Cantera El Milagro - Trujillo  
**SOLICITANTES** : Merly Jakeline Burgos Ordoñez  
**PROYECTO** : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas


**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

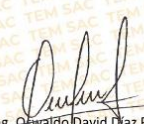
Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	19.30	19.26	19.24	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	20.72	20.72	20.74	
Peso de recipiente	kg	6.32	6.32	6.32	
Peso de muestra en estado suelto	kg	12.980	12.940	12.920	
Peso de muestra en estado compactado	kg	14.400	14.400	14.420	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0095	0.0095	0.0095	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,365</b>	<b>1,361</b>	<b>1,359</b>	<b>1,362</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	<b>1,514</b>	<b>1,514</b>	<b>1,516</b>	<b>1,515</b>

**OBSERVACIONES:**  
 La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.  
 La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



Ing. Fernando Octavio Rodríguez Loyola  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Aseguramiento de Calidad  
 CIP N° 203034





Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

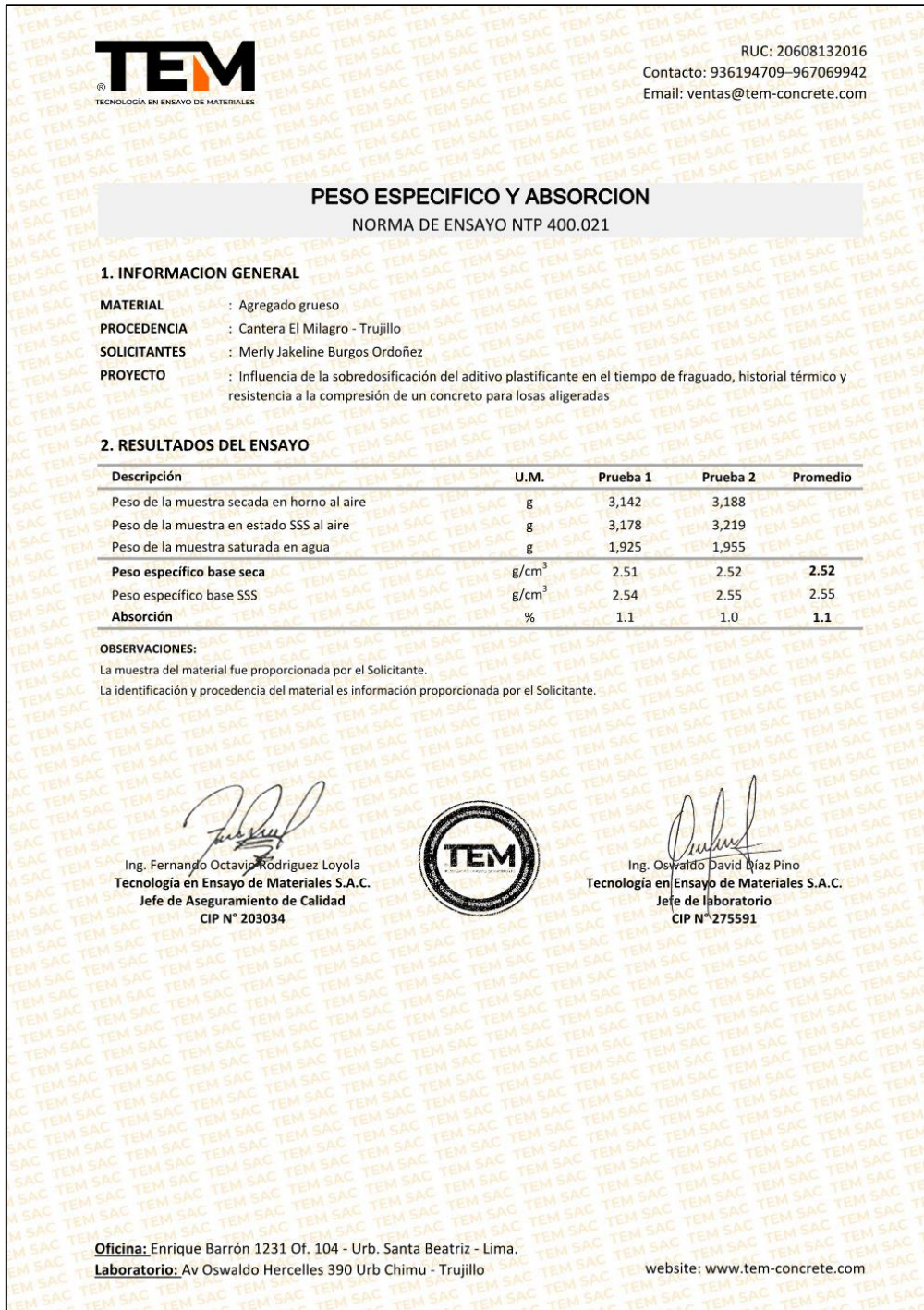
**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo  
 website: www.tem-concrete.com

Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos al realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°7: Peso Especifico y Absorción**

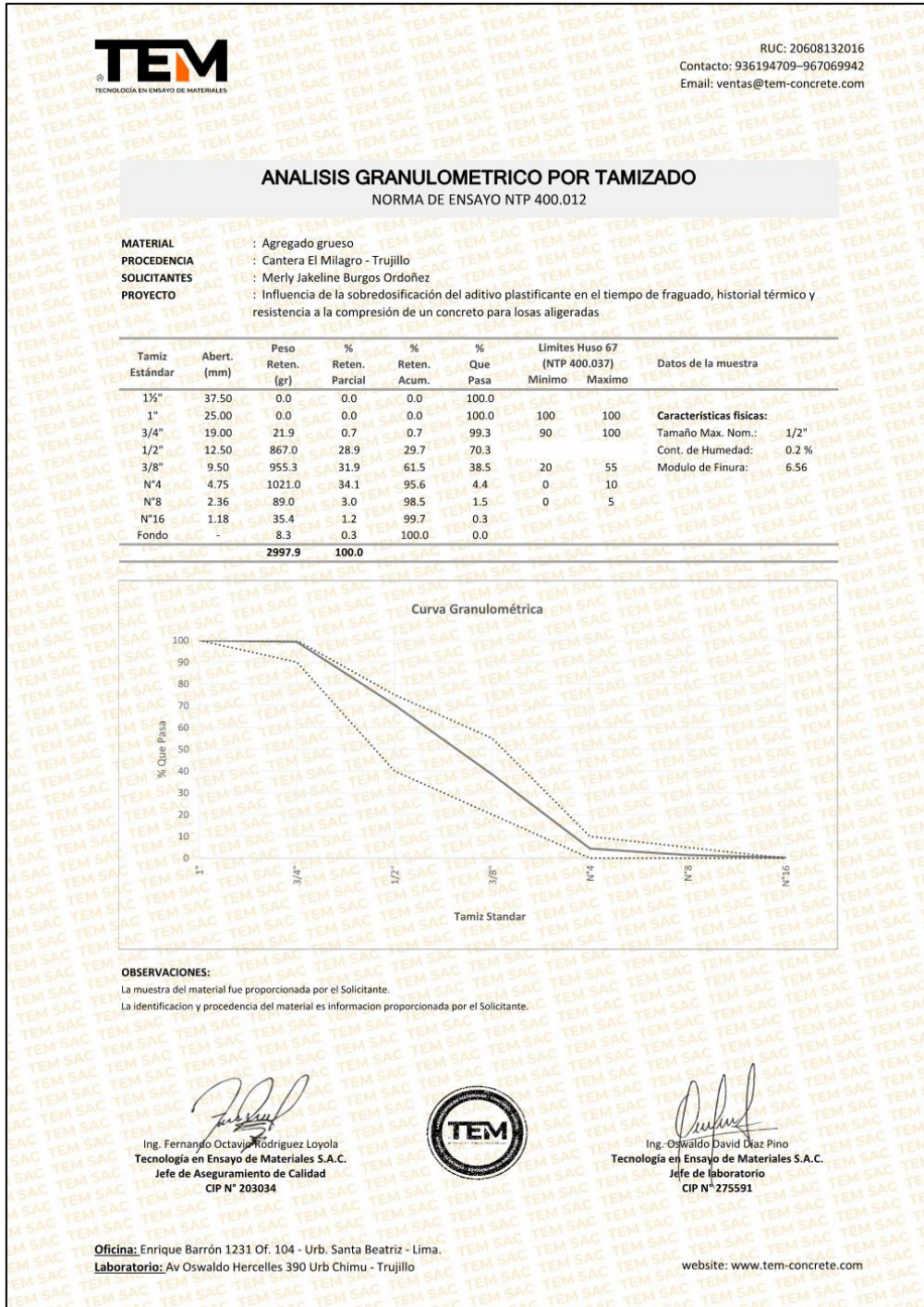
**Figura 9**

*Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso.*



Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).


**ANEXO N°8: Análisis Granulométrico por Tamizado**  
**Figura 10**  
 Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.



Nota. En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos del análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°9: Análisis Granulométrico por Tamizado**  
**Figura 11**  
 Resultados del Registro del Concreto en Estado Fresco.

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-967069942  
 Email: ventas@tem-concrete.com



**REGISTRO DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

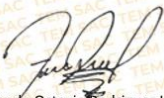
**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTES** : Merly Jakeline Burgos Ordoñez


**PROYECTO** : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas

**2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)	Asentamiento (in)	P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto patrón	16/05/2025	23.5	5.50	2,364
Concreto con Sikacem Plastificante al 10% de reemplazo de agua	16/05/2025	24.0	6.00	2,360
Concreto con Sikacem Plastificante al 20% de reemplazo de agua	16/05/2025	24.0	6.75	2,347
Concreto con Sikacem Plastificante al 30% de reemplazo de agua	16/05/2025	24.0	7.75	2,340



Ing. Fernando Octavio Rodríguez Loyola  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Aseguramiento de Calidad  
 CIP N° 203034



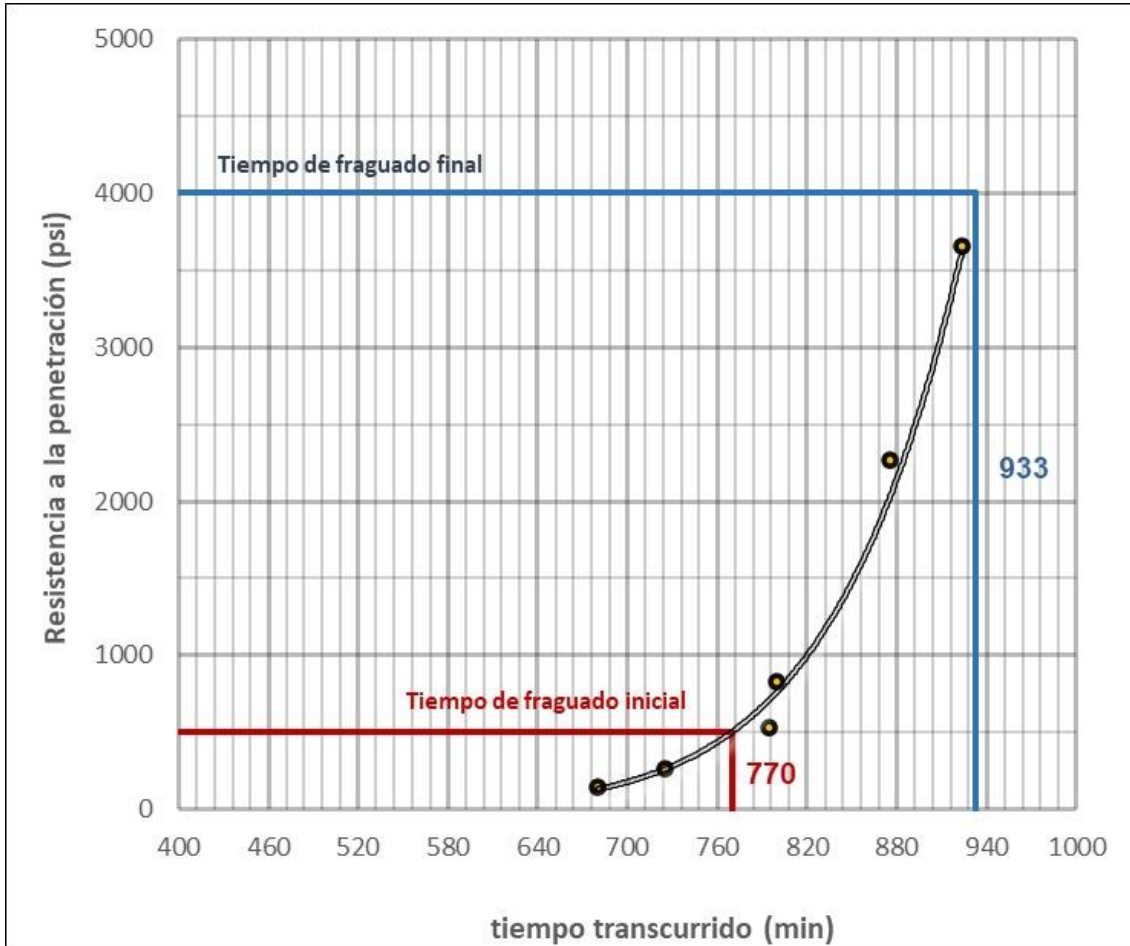
Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo website: www.tem-concrete.com

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados obtenidos del Registro del Concreto en Estado Fresco. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°10: Tiempo de Fraguado**

**Figura 12**  
Resultados del tiempo de fraguado de la muestra patrón.

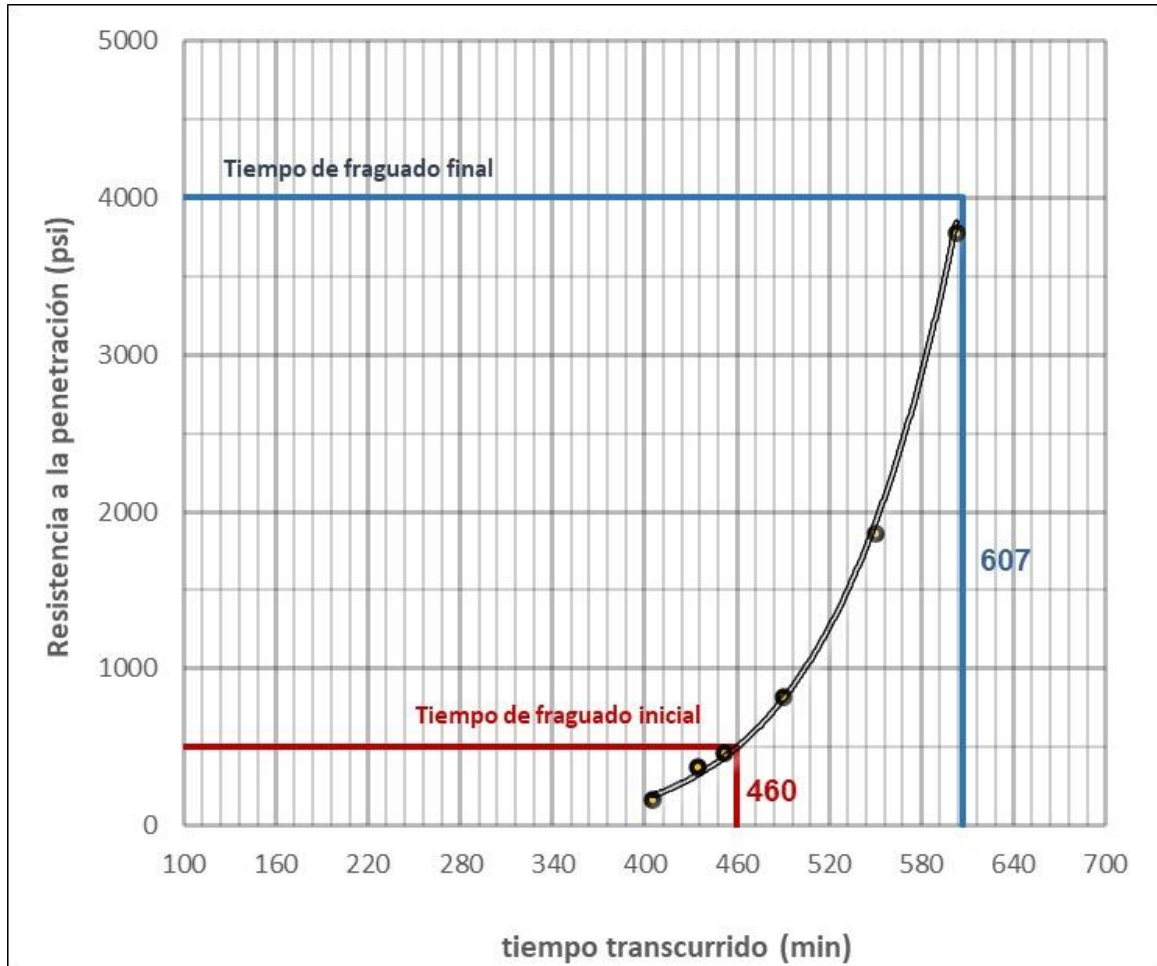


*Nota.* En esta gráfica se presenta la Resistencia a la penetración (psi) en el eje vertical y en el eje horizontal tiempo transcurrido (min). **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

### ANEXO N°11: Tiempo de Fraguado

**Figura 13**

Resultados del tiempo de fraguado de la muestra al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante.

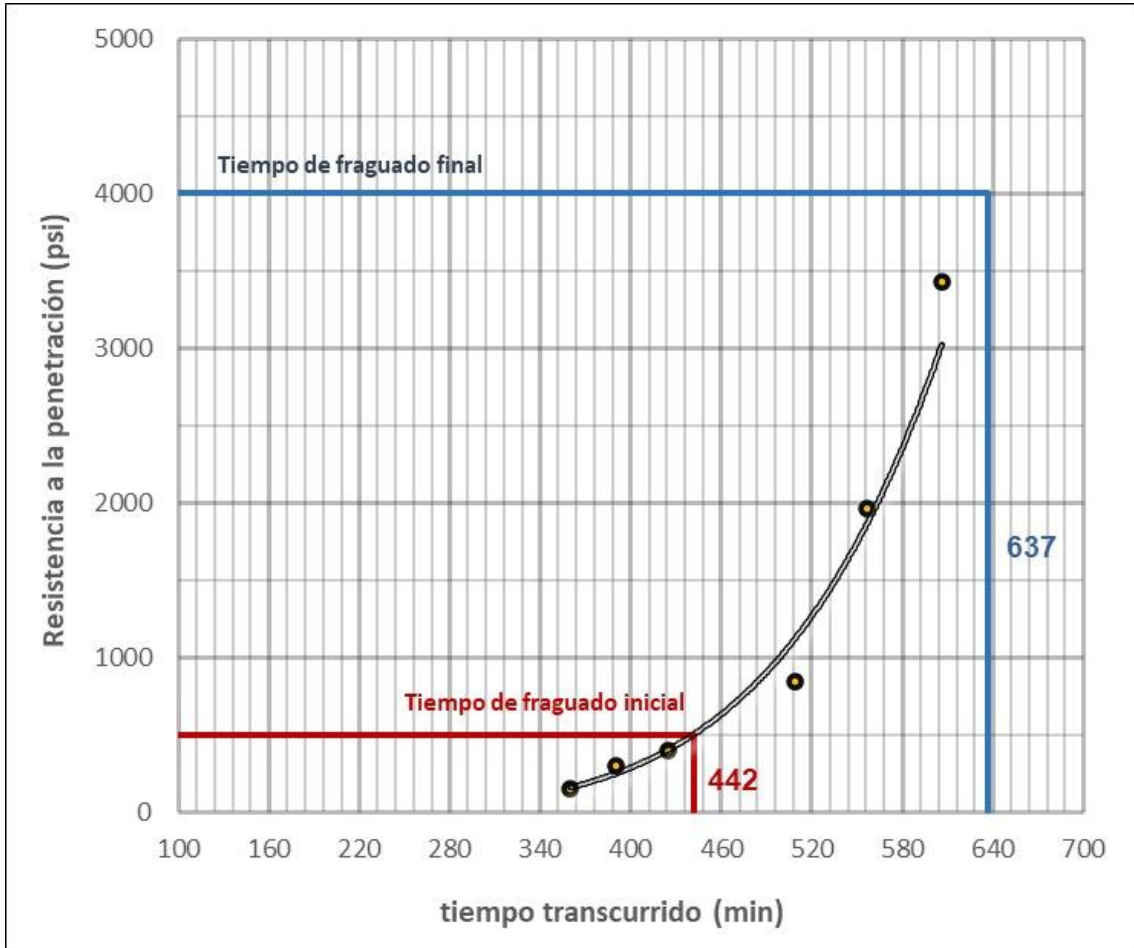


*Nota.* En esta gráfica se presenta la Resistencia a la penetración (psi) en el eje vertical y en el eje horizontal tiempo transcurrido (min) de la muestra al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

## ANEXO N°12: Tiempo de Fraguado

**Figura 14**

Resultados del tiempo de fraguado de la muestra al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante.



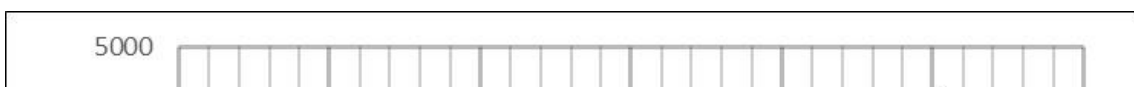
Nota. En esta gráfica se presenta la Resistencia a la penetración (psi) en el eje vertical y en el eje horizontal tiempo transcurrido (min) de la muestra al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°13: Tiempo de Fraguado**

**Figura 15**

Resultados del tiempo de fraguado de la muestra al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante.

Burgos, .

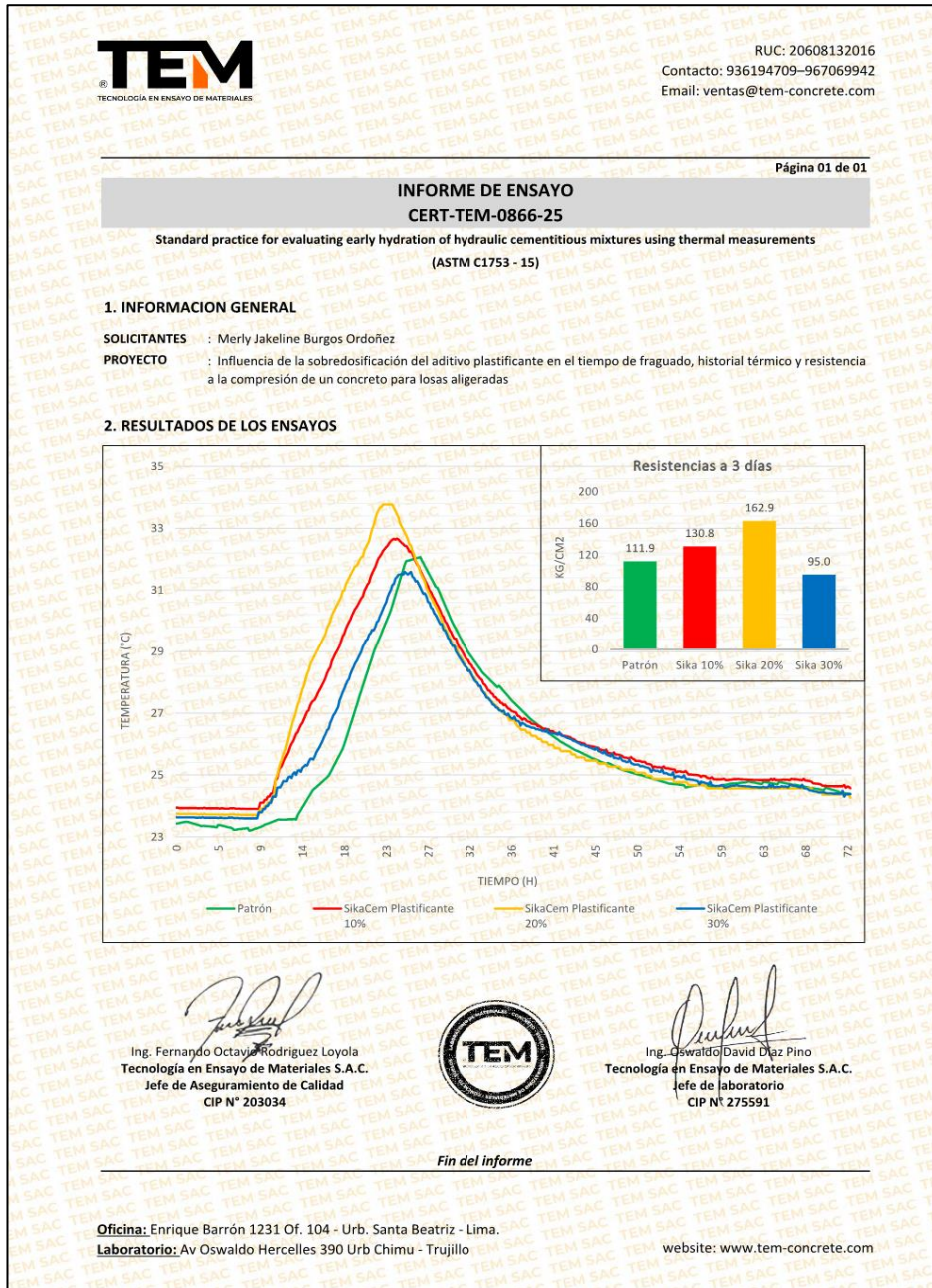


*Nota. En esta gráfica se presenta la Resistencia a la penetración (psi) en el eje vertical y en el eje horizontal tiempo transcurrido (min) de la muestra al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante. Fuente: Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).*

#### **ANEXO N°14: Resultados de Historial Termico**

##### **Figura 16**

*Resultados del historial térmico según los porcentajes del aditivo SikaCem® plastificante.*



Nota. En esta gráfica se presenta la temperatura en °C en el eje vertical y en el eje horizontal el tiempo en horas. Fuente: Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°15: Resistencia a la compresión de concreto patrón a los 3 días.**

**Figura 17**  
 Resultados de resistencia a la compresión muestra patrón a los 3 días.

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra patrón a los 3 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

#### **ANEXO N°16: Resistencia a la compresión de concreto patrón a los 7 días.**

#### **Figura 18**

*Resultados de resistencia a la compresión muestra patrón a los 7 días.*

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra patrón a los 7 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°17: Resistencia a la compresión de concreto patrón a los 28 días.**

**Figura 19**

*Resultados de resistencia a la compresión muestra patrón a los 28 días.*



**TEM**  
TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
Contacto: 936194709-967069942  
Email: ventas@tem-concrete.com

Página 01 de 01

**INFORME DE ENSAYO**  
**CERT-TEM-0612-25**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra patrón a los 7 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

### **ANEXO N°18: Resistencia a la compresión de concreto al 10% de aditivo**

**SikaCem® - plastificante a los 3 días.**

#### **Figura 20**


*Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.*

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°19: Resistencia a la compresión de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.**

**Figura 21**


*Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.*

		RUC: 20608132016 Contacto: 936194709-967069942 Email: ventas@tem-concrete.com							
Página 01 de 01									
<b>INFORME DE ENSAYO</b> CERT-TEM-0614-25 Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034									
Datos de Identificación del Cliente y Muestra									
<table border="1"> <tr> <td>Cliente:</td> <td>Merly Jakeline Burgos Ordoñez</td> </tr> <tr> <td>Responsable:</td> <td>-</td> </tr> </table>	Cliente:	Merly Jakeline Burgos Ordoñez	Responsable:	-	<table border="1"> <tr> <td>Fecha de Emisión:</td> <td>14-07-25</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Moldeado:</td> <td>16-05-25</td> </tr> </table>	Fecha de Emisión:	14-07-25	Fecha de Moldeado:	16-05-25
Cliente:	Merly Jakeline Burgos Ordoñez								
Responsable:	-								
Fecha de Emisión:	14-07-25								
Fecha de Moldeado:	16-05-25								

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°20: Resistencia a la compresión de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.**


**Figura 22**  
Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.

		RUC: 20608132016 Contacto: 936194709-967069942 Email: ventas@tem-concrete.com	
		Página 01 de 01	
<b>INFORME DE ENSAYO</b> CERT-TEM-0615-25 Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034			
Datos de Identificación del Cliente y Muestra			
Cliente: Merly Jakeline Burgos Ordoñez Responsable:	Proyecto: Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas Concreto con Sikacem Plastificante al 10% de reemplazo de	Fecha de Emisión: 14-07-25 Fecha de Moldeado: 16-05-25 Fecha de Ensayo: 13-06-25	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ): 210

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 10% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°21: Resistencia a la compresión de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.**

**Figura 23**  
Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.


		RUC: 20608132016 Contacto: 936194709-967069942 Email: ventas@tem-concrete.com																	
		Página 01 de 01																	
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>CERT-TEM-0616-25</b> Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034																			
Datos de Identificación del Cliente y Muestra																			
<table border="1"> <tr> <td>Cliente</td> <td>Merly Jakeline Burgos Ordoñez</td> </tr> <tr> <td>Responsable</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proyecto</td> <td>Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas</td> </tr> <tr> <td>Elemento</td> <td>Concreto con Sikacem Plastificante al 20% de reemplazo de agua</td> </tr> </table>	Cliente	Merly Jakeline Burgos Ordoñez	Responsable		Proyecto	Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas	Elemento	Concreto con Sikacem Plastificante al 20% de reemplazo de agua	<table border="1"> <tr> <td>Fecha de Emisión:</td> <td>14-07-25</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Moldeado:</td> <td>16-05-25</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Ensayo:</td> <td>19-05-25</td> </tr> <tr> <td>f'c (kg/cm<sup>2</sup>):</td> <td>210</td> </tr> </table>			Fecha de Emisión:	14-07-25	Fecha de Moldeado:	16-05-25	Fecha de Ensayo:	19-05-25	f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):	210
Cliente	Merly Jakeline Burgos Ordoñez																		
Responsable																			
Proyecto	Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas																		
Elemento	Concreto con Sikacem Plastificante al 20% de reemplazo de agua																		
Fecha de Emisión:	14-07-25																		
Fecha de Moldeado:	16-05-25																		
Fecha de Ensayo:	19-05-25																		
f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):	210																		
RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION																			

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°22: Resistencia a la compresión de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.**

**Figura 24**

*Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-967069942  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO**  
**CERT-TEM-0617-25**  
Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Página 01 de 01

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente:	Merly Jakeline Burgos Ordoñez	Fecha de Emisión:	14-07-25
Responsable:	-	Fecha de Moldeado:	16-05-25
Proyecto:	Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas	Fecha de Ensayo:	23-05-25
Elemento:	Concreto con Sikacem Plastificante al 20% de reemplazo de agua	f'c (kg/cm²):	210

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**


Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m³)
						(MPa)	(kg/cm²)			

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°23: Resistencia a la compresión de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.**

**Figura 25**

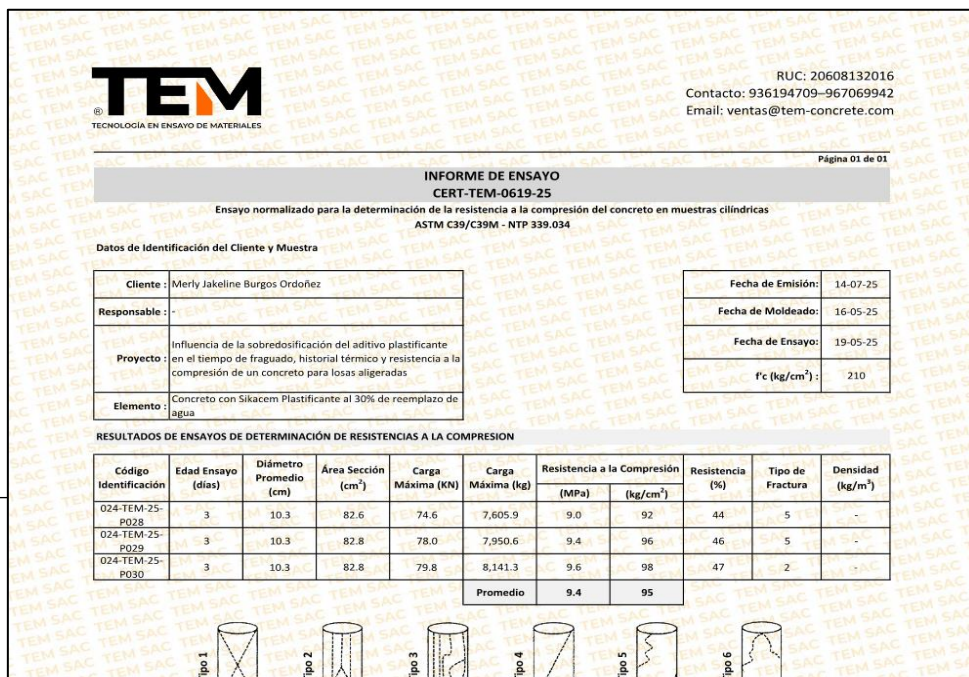
*Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.*

 <span style="float: right;">                     RUC: 20608132016                      Contacto: 936194709-967069942                      Email: ventas@tem-concrete.com                 </span>										
Página 01 de 01										
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>CERT-TEM-0618-25</b> Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas ASTM C39/C39M - NTP 339.034										
Datos de Identificación del Cliente y Muestra										
Cliente:	Merly Jakeline Burgos Ordoñez				Fecha de Emisión:	14-07-25				
Responsable:	-				Fecha de Moldeado:	16-05-25				
Proyecto:	Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas				Fecha de Ensayo:	13-06-25				
Elemento:	Concreto con SikaCem Plastificante al 20% de reemplazo de agua				f'c (kg/cm²):	210				
RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN										
Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m³)
						(MPa)	(kg/cm²)			
024-TEM-25-PO25	28	10.2	81.7	188.2	19,188.7	23.0	235	112	2	-
024-TEM-25-PO26	28	10.2	82.1	211.5	21,561.6	25.8	263	125	5	-
024-TEM-25-PO27	28	10.3	82.5	216.4	22,070.4	26.2	267	127	5	-

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 20% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°24: Resistencia a la compresión de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.**

**Figura 26**  
Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días.




*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 3 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°25: Resistencia a la compresión de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.**

**Figura 27**

*Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días.*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-967069942  
 Email: ventas@tem-concrete.com

Página 01 de 01

**INFORME DE ENSAYO**  
**CERT-TEM-0620-25**







Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

<b>Cliente:</b> Merly Jakeline Burgos Ordoñez	<b>Fecha de Emisión:</b> 14-07-25
<b>Responsable:</b>	<b>Fecha de Moldeado:</b> 16-05-25
<b>Proyecto:</b> Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas	<b>Fecha de Ensayo:</b> 23-05-25
<b>Elemento:</b> Concreto con Sikacem Plastificante al 30% de reemplazo de agua	<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>):</b> 210

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
						(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )			
024-TEM-25-P031	7	10.3	82.6	114.6	11,686.8	13.9	141	67	2	-
024-TEM-25-P032	7	10.3	82.6	132.9	13,547.7	16.1	164	78	5	-
024-TEM-25-P033	7	10.3	82.8	133.0	13,566.1	16.1	164	78	2	-
<b>Promedio</b>						<b>15.3</b>	<b>156</b>			

**Observaciones:** No se encontraron observaciones.

*Nota.* En esta gráfica se presenta los resultados de la resistencia a la compresión realizada a la muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 7 días. **Fuente:** Laboratorio Tecnología en ensayo de materiales S.A.C. – Trujillo. (2025).

**ANEXO N°26: Resistencia a la compresión de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.**

**Figura 28**

*Resultados de resistencia a la compresión muestra de concreto al 30% de aditivo SikaCem® - plastificante a los 28 días.*

RUC: 20608132016  
Contacto: 936194709-967069942  
Email: ventas@tem-concrete.com

Página 01 de 01

**INFORME DE ENSAYO**  
**CERT-TEM-0621-25**


Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra


<p>Cliente : Merly Jakeline Burgos Ordoñez</p> <p>Responsable : -</p> <p>Proyecto : Influencia de la sobredosificación del aditivo plastificante en el tiempo de fraguado, historial térmico y resistencia a la compresión de un concreto para losas aligeradas</p> <p>Elemento : Concreto con Sikacem Plastificante al 30% de reemplazo de agua</p>	<p>Fecha de Emisión: 14-07-25</p> <p>Fecha de Moldeado: 16-05-25</p> <p>Fecha de Ensayo: 13-06-25</p> <p>f'c (kg/cm<sup>2</sup>): 210</p>
--	---

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**


Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión		Resistencia (%)	Tipo de Fractura	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
						(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )			
024-TEM-25-P034	28	10.3	82.5	160.8	16,393.7	19.5	199	95	5	-
024-TEM-25-P035	28	10.2	82.4	163.1	16,627.2	19.8	202	96	2	-
024-TEM-25-P036	28	10.3	82.7	171.6	17,499.1	20.8	212	101	2	-
						<b>Promedio</b>	<b>20.0</b>	<b>204</b>		




Tipo 1



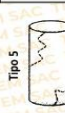
Tipo 2




Tipo 3



Tipo 4





Tipo 5

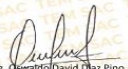


Tipo 6

Observaciones: No se encontraron observaciones.

  
Ing. Fernando Ortiz Rodríguez Lora



  
Ing. Fernando Ortiz Rodríguez Lora





*Nota.* En esta gráfica se presenta la ficha de observación del historial térmico del concreto.  
 Elaboración: Propia. (2025).

**ANEXO N°29: Ficha de observación de la resistencia a la compresión del concreto.**

**Figura 31**

*Ficha de observación de la resistencia a la compresión del concreto.*

	<b>FICHA DE OBSERVACION</b>				
<b>TESIS:</b> <p style="text-align: center;">"INFLUENCIA DE LA SOBREDOSIFICACIÓN DEL ADITIVO PLASTIFICANTE EN EL TIEMPO DE FRAGUADO,          HISTORIAL TÉRMICO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO PARA LOSAS ALIGERADAS"</p>					
<b>1. DATOS GENERALES</b>					
1.1. Nombre de Tesista:					
1.2. Ubicación:					
1.3. Fecha:					
1.4. Muestra:					
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO</b> (NORMA DEL ENSAYO: NTP 339.034)					
<b>2. DATOS DE MUESTRA</b>					
2.1. A/C:	2.3. Asentamiento	2.5. P.U.C:			
2.2. Temperatura:	2.4. F'C:	2.6. N° de probetas:			
<b>Codigo</b>	<b>edad (días)</b>	<b>diametro (cm)</b>	<b>altura (cm)</b>	<b>carga (Kg)</b>	<b>esfuerzo (Kg/cm2)</b>
<b>Promedio</b>					
<b>Promedio</b>					
<b>Promedio</b>					
<b>Promedio</b>					
<b>Promedio</b>					

*Nota.* En esta gráfica se presenta la ficha de observación del historial térmico del concreto. Elaboración: Propia. (2025).

**Figura 32** ANEXO N°30: Ficha técnica del SikaCem® - Plastificante  
Ficha técnica del SikaCem® - Plastificante.



CONSTRUYENDO CONFIANZA

## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# SikaCem® Plastificante

---

Aditivo plastificante y reductor de agua para morteros y hormigones

---

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

### USOS

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado en un 15% aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden de más del 15%.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

### CERTIFICADOS / NORMAS

SikaCem® Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo A y Tipo D

---

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Base Química</b>	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envase PET x 4 L</li> <li>• Balde x 20 L</li> </ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Líquido marrón oscuro
<b>Vida Útil</b>	1 año
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
<b>Densidad</b>	1.20 +/- 0.02

---

### INFORMACIÓN TÉCNICA

<b>Guía de Vaciado de Concreto</b>	Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del
------------------------------------	---

Hoja De Datos Del Producto  
SikaCem® Plastificante  
Junio 2025, Versión 01.03

*Nota.* En la ficha técnica del aditivo se describe el producto, usos, ventajas y otras características. Sika. (2025). Reimpreso con permiso.

### ANEXO N°31: Ficha técnica del SikaCem® - Plastificante

#### Figura 33

Ficha técnica del SikaCem® - Plastificante.

agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.

Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclar durante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.

Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.

Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.

La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.

El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

---

**INFORMACIÓN DE APLICACIÓN**

---

**Dosificación Recomendada**

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
- Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.

---

**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.

**LIMITACIONES**

Temperatura Ambiente +5°C mín. / +30°C máx.

**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

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](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

**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

**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

Nota. En la ficha técnica del aditivo se describe el producto, usos, ventajas y otras características. Sika. (2025). Reimpreso con permiso.

### ANEXO N°32: Ficha técnica del cemento extraforte Pacasmayo

Figura 34  
Ficha técnica del cemento extraforte - Pacasmayo

# CEMENTO EXTRA FORTE

“ EXTRA  
RESISTENTE ”

Mayo 2025 VI

DESCRIPCIÓN

**Cemento Portland Compuesto Tipo ICo.** Óptimo desarrollo de resistencias y excelente trabajabilidad, diseñado para uso general que no requieran condiciones especiales.

**Usos**

- Ideal para la ejecución de obras estructurales.
- Elementos de concreto que no requieran características especiales.
- Reparaciones, remodelaciones y diversas aplicaciones domésticas.
- Elaboración de morteros para pisos, nivelaciones, lechadas y emboquillados.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

■ Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (F'c)	Cemento	Arena limpia	Piedra de tamaño máximo 10 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(\*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

ATRIBUTOS

**Trabajabilidad**  
Su excelente trabajabilidad permite una colocación compactación adecuada, minimizando la segregación y pérdida de material.  
Fragua óptima que garantiza el correcto vaciado del concreto.

**Resistencia a la compresión**  
Diseñado con adiciones minerales que otorgan un óptimo desarrollo de resistencias.

PRESENTACIONES

Ecosaco  
42.5 kg

Saco regular  
42.5 kg

A granel

Big Bag  
(1 tonelada)

\*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO

Utilizar agregados y materiales de buena calidad.

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

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.

Burgos,

**Pacasmayo**

Para más información ingresa a:  
[www.cementospacasmayo.com.pe](http://www.cementospacasmayo.com.pe)  
 O escanea el código QR:

Nota. En la ficha técnica del cemento extraforte Pacasmayo se describe el producto, usos, ventajas y otras características. Pacasmayo. (2025). Reimpreso con permiso.

### ANEXO N°33: Ficha técnica del cemento extraforte Pacasmayo

Figura 35  
Ficha técnica del cemento extraforte - Pacasmayo



#### BENEFICIOS AMBIENTALES

- Cemento bajo en carbono por tener menor relación de factor clinker / cemento.

#### ¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se disgrega con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

#### BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco genera **cero desperdicios**, con la acción de la piedra el empaque se disgrega en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

#### CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.
- AÑADE** el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.
- AJUSTA** la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

#### ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO2 eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO2 eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO2 eq a más

\*Extraforte se encuentra en el rango bajo en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.  
\*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

#### CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

##### Empresa Certificadora:

ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.



\*Tipos de esquema de certificación

**Esquema Tipo 5:** Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

#### CERTIFICACIONES QUE PUEDES ALCANZAR POR USO DEL PRODUCTO

Este producto puede contribuir a obtener puntos en las siguientes certificaciones de construcción sostenible:

##### LEED®



- Tiene Declaración Ambiental de Producto de Tipo III, validada por un tercero.
- Certificación ISO 14001.

Con estas características Extraforte puede contribuir a alcanzar 1 punto en la categoría de materiales y recursos de la certificación LEED.

##### Bono Mi Vivienda Sostenible



- Cumple con los requerimientos del Bono Mi Vivienda Sostenible del Fondo Mi Vivienda para Eco Materiales, hasta el grado 3.

#### CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbc**®




*Nota.* En la ficha técnica del cemento extraforte Pacasmayo se describe el producto, usos, ventajas y otras características. Pacasmayo. (2025). Reimpreso con permiso.

**ANEXO N°34: Ficha técnica del cemento extraforte Pacasmayo**

**Figura 36**

*Ficha técnica del cemento extraforte - Pacasmayo*



## Cemento Extraforte

### Cemento Portland Compuesto Tipo ICo

Requisitos normalizados - NTP 334.090

#### REQUISITOS QUÍMICOS


ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	<= 3.0
SO <sub>2</sub>	Máximo	4.00	%	NTP 334.086	< 2.10 - 2.70 >

#### REQUISITOS FÍSICOS


ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
<b>Finura</b>					
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	< 3.5
Superficie específica	-	-	m <sup>2</sup> /kg	NTP 334.002	>= 500
Densidad	-	-	g/cm <sup>3</sup>	NTP 334.005	< 2.90 - 3.00 >
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	< 0.20
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	< 120 - 180 >
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	< 230 - 260 >
Contenido de aire en Mortero	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	< 5 - 9 >
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 21.4 (3100)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	>=25.5 (>= 3700)
28 días	Mínimo	25.0 (3620)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 31.7 (>=4600)

\*Valores promedios referenciales de lotes despachados

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.090.



Para más información ingresa a:  
[www.cementospacasmayo.com.pe](http://www.cementospacasmayo.com.pe)  
 O escanea el código QR:



*Nota.* En la ficha técnica del cemento extraforte Pacasmayo se describe el producto, usos, ventajas y otras características. Pacasmayo. (2025). Reimpreso con permiso.

**ANEXO N°35: Sello de calidad del cemento portland – Cementos Selva s.a.c.**

**Figura 37**

*Sello de calidad del cemento portland – Cemento Selva S.A.C*

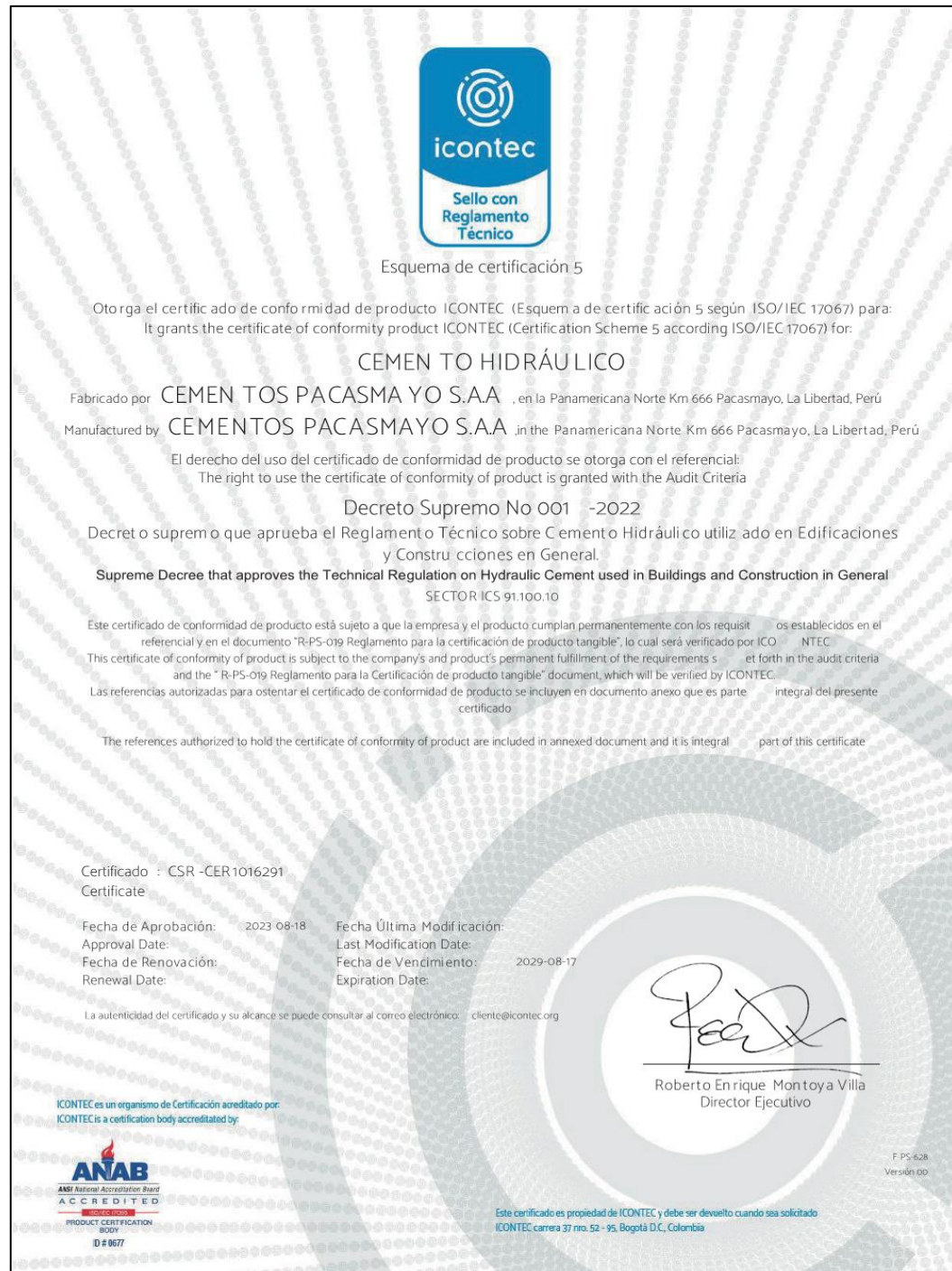


Nota. Sello de calidad del cemento portland – cementos Selva S.A.C.. Selva (2025). Reimpreso con permiso.

### ANEXO N°36: Sello de calidad del cemento hidráulico– cementos Pacasmayo

Figura 38

Sello de calidad del cemento hidráulico– Cementos Pacasmayo



Nota. Sello de calidad del cemento hidráulico– cementos Pacasmayo. Pacasmayo (2025). Reimpreso con permiso.

### ANEXO N°37: Sello de calidad del cemento hidráulico– cementos Selva S.A.C

#### Figura 39

Sello de calidad del cemento hidráulico– Cemento Selva S.A.C



Nota. Sello de calidad del cemento hidráulico – cementos Selva S.A.C.. Selva (2025). Reimpreso con permiso.

## ANEXO N°38: Sello de calidad del cemento portland – Cementos Pacasmayo S.A.A

### Figura 40

Sello de calidad del cemento portland – Cemento Pacasmayo S.A.A



**Esquema de certificación 5**

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:  
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

**CEMENTO PORTLAND**

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.** en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú  
Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.** in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:  
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

**NTP 334.090: 2020**  
**Cementos Hidráulicos Adicionados**  
*Added Hydraulic Cements*

**SECTOR ICS 91.100.10**

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC  
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado  
The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

**Certificado: CSC -CER1016276**  
Certificate

<b>Fecha de Aprobación:</b> 2023-08-18 Approval Date:	<b>Fecha Última Modificación:</b> Last Modification Date:
<b>Fecha de Renovación:</b> Renewal Date:	<b>Fecha de Vencimiento:</b> 2029-08-17 Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: [cliente@icontec.org](mailto:cliente@icontec.org)

CONTEC es un organismo de Certificación acreditado por  
CONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado  
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

**Roberto Enrique Montoya Villa**  
Director Ejecutivo



F-PS-628  
Versión 00

*Nota.* Sello de calidad del cemento portland – cementos Pacasmayo S.A.A. Pacasmayo (2025). Reimpreso con permiso.

**Figura 41**  
*Caracterización de agregado fino – cuarteo de muestra*



**ANEXO N°39: Panel fotográfico**

*Nota.* La figura muestra la realización del cuarteo del agregado fino. Elaboración Propia.

**Figura 42**

*colocación de muestra de agregado fino para determinar contenido de humedad.*



*Nota.* La figura muestra la colocación de la muestra de agregado fino en el horno, para determinar contenido de humedad del mismo. Elaboración Propia.

**Figura 43**  
*Granulometría de agregado fino*



*Nota.* La figura muestra la colocación de la muestra de agregado fino en los tamices, para realizar el ensayo de granulometría manualmente. Elaboración Propia.

**Figura 44**  
*Peso específico y Absorción de agregado fino*



*Nota.* La figura muestra la eliminación de vacíos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. Elaboración Propia.

**Figura 45**  
*Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso*



*Nota.* La figura muestra la colocación en el horno de la muestra de agregado grueso para el ensayo de contenido de humedad. Elaboración Propia.

**Figura 46**

*Granulometría de agregado grueso*



*Nota.* La figura muestra la colocación de la muestra de agregado grueso en los tamices para realizar el ensayo de granulometría de manera manual. Elaboración Propia.

**Figura 47**

*Peso específico y absorción del agregado grueso*

*Nota.* La figura muestra el agregado grueso siendo sumergido en agua para el ensayo de peso específico y absorción. Elaboración Propia.

**Figura 48**  
*Ensayo de tiempo de fraguado*



*Nota.* La figura muestra la colocación del penetrómetro en la mezcla de concreto para la determinación del tiempo de fraguado. Elaboración Propia.

*Figura 49*



*Ensayo de la resistencia a la compresión*

*Nota.* La figura muestra un espécimen sometido al ensayo de resistencia a la compresión. Elaboración Propia.

**Figura 50**  
*Ensayo de historial térmico*



*Nota.* La figura muestra la obtención del historial térmico con el sensor S2. Elaboración Propia.