

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS
PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO -
MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM2 FABRICADO
CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA
2025”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. MELANY FERNANDA ARUQUIPA CHAMBILLA

Bach. DAIRA ASTRID DIAZ PONCE

TACNA – PERÚ

2025

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS
PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO -
MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM² FABRICADO
CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA
2025”**

Tesis sustentada y aprobada el 20 de diciembre del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : Mtra. GLENDA MILAGROS LINAJA GARCÍA

VOCAL : Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

ASESOR : Mtra. MARÍA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Daira Astrid Diaz Ponce y Melany Fernanda Aruquipa Chambilla, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 70456943 y 71135567 respectivamente, así como María Etelvina Duarte Lizarzaburo con DNI 00490661; declaramos en calidad de autor(es) y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulada: *Evaluación del efecto de dos aditivos plastificantes en las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado, Tacna 2025*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 20 de diciembre de 2025

Daira Astrid Diaz Ponce
DNI: 70456943

María Etelvina Duarte Lizarzaburo
DNI: 00490661

Melany Fernanda Aruquipa Chambilla
DNI: 71135567

DEDICATORIA

A mi madre y a mi padre, quienes, con sus enseñanzas, su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su ejemplo de dedicación y perseverancia, me guiaron en cada paso de este camino.

A mi hermano y mis tías, por ser mi familia y a la vez amigos, por ser mi apoyo emocional y recordarme la importancia de cada pequeño esfuerzo para conseguir un gran logro.

A las personas que me acompañaron e hicieron más llevaderos los momentos difíciles, y me ayudaron a transformar mis miedos y dudas en certezas.

Daira Astrid Diaz Ponce

DEDICATORIA

Al concluir esta esta hermosa etapa de mi vida quiero agradecer personalmente a mis padres por ser mis pilares constantes, mi hermano que fue mi primer amigo y mi abuelo “papaviejo” quien es mi ángel en el cielo. Especialmente a mi madre y a mi padre que me enseñaron a vivir con orgullo y la frente en alto, no permitiendo que mis miedos y debilidades me alejen de mis objetivos, manteniendo mi corazón ardiendo y enseñándome a avanzar sin rendirme a pesar de haber caído, el tiempo no espera a nadie.

Aunque tengas miedo está bien seguir adelante, el dolor y la tristeza también son parte de lo que te hace ser TÚ.

Melany Fernanda Aruquipa Chambilla

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiar cada uno de nuestros pasos, por darnos fortaleza en los momentos difíciles y permitirnos culminar con éxito esta etapa académica. Sin sus bendiciones, nada de esto habría sido posible.

A nuestros padres, por su amor incondicional, su apoyo permanente y por ser el ejemplo más grande de esfuerzo y perseverancia. A nuestra familia, por sus palabras de ánimo, comprensión y por acompañarnos en cada etapa de este camino.

A nuestros amigos que nos acompañaron en este proceso brindándonos su tiempo, su compañía, sus consejos, su paciencia y por auxiliarnos en los momentos de mayor exigencia.

A mis docentes, por su dedicación, exigencia académica y compromiso con mi formación profesional. De manera especial, a mi asesora, por su guía, su tiempo y su orientación constante, fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

Y a la Universidad Privada de Tacna, mi casa de estudios, por brindarme las herramientas y conocimientos para mi crecimiento académico y profesional.

Daira Astrid Diaz Ponce
Melany Fernanda Aruquipa Chambilla

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	ii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e Importancia	4
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. Hipótesis Específica.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes locales.....	13
2.2. Bases Teóricas	14
2.2.1. Aditivos.....	14
2.2.2. Concreto	19
2.3. Definición de términos.....	33
2.3.1. Aditivo.....	33
2.3.2. Aditivo Plastificante:.....	33
2.3.3. Concreto:.....	33
2.3.4. Cemento	33

2.3.5.	Cemento Caducado.....	33
2.3.6.	F'c:.....	34
2.3.7.	Dosificación	34
2.3.8.	Resistencia del concreto.....	34
2.3.9.	Trabajabilidad	34
2.3.10.	Temperatura del concreto	34
2.3.11.	Viabilidad económica	35
2.3.12.	Viabilidad técnica	35
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		36
3.1.	Diseño de la investigación.....	36
3.2.	Acciones y actividades	36
3.3.	Materiales y/o instrumentos	37
3.4.	Población y/o muestra de estudio	37
3.5.	Operacionalización de variables.....	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		40
4.1.	Diseño de mezcla.....	40
4.1.1.	Diseño de mezcla basado en el Método ACI	40
4.2.	Elaboración de mezcla y ensayos del concreto en estado fresco	51
4.2.1.	Preparación de materiales y equipos.....	51
4.2.2.	Elaboración de mezcla y ensayos en estado fresco	55
4.3.	Elaboración de probetas y curado.....	65
4.4.	Rotura de las muestras 1, 2 y 3.....	68
4.4.1.	Rotura de testigos de las muestras 1, 2 y 3 a la edad de 7 días.....	69
4.4.2.	Rotura de testigos de las muestras 1, 2 y 3 a la edad de 14 días.....	70
4.5.	Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5	71
4.5.1.	Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5 a la edad de 7 días....	71
4.5.2.	Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5 a la edad de 14 días..	71
4.5.3.	Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5 a la edad de 28 días..	72
4.6.	Resumen de resultados	73
4.6.1.	Ensayo de temperatura	73
4.6.2.	Ensayo de consistencia	73
4.6.3.	Ensayo de resistencia a la compresión.....	74
4.7.	Evaluación de viabilidad económica del uso de cemento vencido	78
4.7.1.	Escenario 1: Compra de material (cemento)	78
1.70.....		79
4.7.2.	Escenario 2: Reciclando material (cemento)	79
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		81

5.1. Contraste de hipótesis.....	81
5.1.1. Hipótesis General	81
5.1.2. Hipótesis específicas	82
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseños de mezcla a ensayar	38
Tabla 2. Diseños de mezcla alternativas.....	38
Tabla 3. Operacionalización de variables de investigación	39
Tabla 4. Resumen de los ensayos para agregados	41
Tabla 5. Consistencia y asentamiento del concreto	42
Tabla 6. Tabla para obtener el volumen unitario del agua	42
Tabla 7. Contenido de aire de acuerdo al tamaño máximo nominal.....	43
Tabla 8. Relación agua-cemento de acuerdo a la resistencia f'_{cr}	44
Tabla 9. Volumen de agregado grueso por unidad de concreto.....	45
Tabla 10. Volumen y peso de los materiales	49
Tabla 11. Diseño de mezcla de concreto	49
Tabla 12. Diseño de mezcla de concreto para muestras 4, 5, 6 y 7 con incorporación de aditivo superplastificante.....	50
Tabla 13. Diseño de mezcla de concreto para muestras alternativas 4 y 5 con incorporación de cemento dentro de su vida útil y aditivo superplastificante	50
Tabla 14. Temperatura del concreto de la muestra 1, 2, 3, 4 y 5	73
Tabla 15. Resultados de ensayo de consistencia para la muestra 1, 2, 3, 4 y 5	73
Tabla 16. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra 1 ...	74
Tabla 17. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra 2 ...	75
Tabla 18. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra 3 ...	76
Tabla 19. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra alternativa 4	76
Tabla 20. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra alternativa 5	77
Tabla 21. Resistencia a la compresión promedio a los 28 días de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5.....	78
Tabla 22. Análisis de precios unitarios para un concreto con $f'_{c}=210$ kg/cm ²	79
Tabla 23. Análisis de precios unitarios para un concreto con $f'_{c}=210$ kg/cm ² elaborado con cemento vencido	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de falla de testigos de concreto.....	21
Figura 2. Características técnicas del cemento Yura MS.....	28
Figura 3. Balanza con precisión de 1g.....	51
Figura 4. Tambor giratorio de 210 lt de capacidad.....	52
Figura 5. Pesaje del agregado grueso.....	52
Figura 6. Pesaje del agregado fino.....	53
Figura 7. Pesaje del agua para la mezcla.....	53
Figura 8. Pesaje del cemento.....	54
Figura 9. Dosificación del aditivo.....	54
Figura 10. Adición del cemento en el tambor mezclador.....	55
Figura 11. Integración de los componentes del concreto.....	56
Figura 12. Colocación de aditivo superplastificante.....	56
Figura 13. Mezcla segregada del concreto.....	57
Figura 14. Medición de temperatura de la muestra 1.....	58
Figura 15. Medición de temperatura de la muestra 2.....	58
Figura 16. Medición de temperatura de la muestra 3.....	59
Figura 17. Medición de temperatura de la muestra 4.....	59
Figura 18. Cono de Abrams.....	60
Figura 19. Varillado para compactación del concreto.....	60
Figura 20. Enrasado superficial del cono de Abrams.....	61
Figura 21. Medición del asentamiento de la muestra 1.....	61
Figura 22. Colocación del concreto en el cono de Abrams.....	62
Figura 23. Varillado del concreto correspondiente a la muestra 2.....	62
Figura 24. Medición del asentamiento de la muestra 2.....	63
Figura 25. Colocación del cono y varilla para la medición de asentamiento.....	63
Figura 26. Medición del asentamiento de la muestra 3.....	64
Figura 27. Medición del asentamiento de la muestra 4.....	64
Figura 28. Aplicación de gasolina como agente desmoldante en los moldes.....	65
Figura 29. Colocación de concreto en los moldes.....	65
Figura 30 y 31. Compactación en la primera y segunda capa de concreto.....	66
Figura 32. Aplicación de golpes perimetrales en los moldes.....	66
Figura 33. Enrasado de probetas.....	67
Figura 34. Probetas luego de 24 horas de fraguado desde su vaciado.....	67
Figura 35 y 36. Desmolde y colocación en agua para curado de las probetas.....	68

Figura 37. Extracción de las probetas previo a la rotura	68
Figura 38. Probetas para rotura a la edad de 7 días de la muestra 1, 2 y 3.....	69
Figura 39 y 40. Rotura de testigo de la muestra 1 a los 7 días y carga de.....	69
Figura 41 y 42. Rotura de testigo de la muestra 2 a los 14 días y carga de falla	70
Figura 43 y 44. Rotura de testigo de la muestra 1 a los 28 días y carga de falla	70
Figura 45 y 46. Rotura de testigo de la muestra 5 a los 7 días y carga de falla	71
Figura 47 y 48. Rotura de testigo de la muestra 4 a los 14 días y carga de falla	72
Figura 49 y 50. Rotura de testigo de la muestra 4 a los 28 días y carga de falla	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	92
Anexo 2. Ensayos de laboratorio	94
Anexo 3. Ficha Técnica de SikaPlast 1150.....	101
Anexo 4. Ficha Técnica de EcoPlast WG 9600	104

RESUMEN

En la presente tesis se abordó el estudio del cemento vencido y la incorporación de aditivos superplastificantes como alternativa para mejorar sus propiedades físico mecánicas, cuyo objetivo principal fue evaluar el efecto de dos aditivos superplastificantes en concretos elaborados con cemento Portland tipo MS caducado de 7 y 9 meses de antigüedad, con la finalidad de determinar su influencia en el desempeño físico mecánico del material y analizar la viabilidad técnica y económica de su aplicación. Para el desarrollo del estudio se plantearon siete muestras, la primera correspondiente al concreto elaborado con cemento dentro de su vida útil, la segunda y tercera destinadas a evaluar los concretos fabricados con cemento caducado de 7 y 9 meses respectivamente, y las muestras cuatro, cinco, seis y siete en las que se incorporaron dos tipos de aditivos superplastificantes en ambos cementos vencidos, todo ello bajo una metodología de tipo experimental que incluyó ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Durante el proceso experimental se presentaron problemas de exudación y segregación en las mezclas que contenían aditivos en proporciones del 1,5 % al 2,5 %, lo que impidió continuar con los ensayos programados, por lo que se procedió a elaborar muestras alternativas que incluyeron un porcentaje de cemento en buen estado y una dosificación del 1 % de aditivo, obteniéndose mezclas con un comportamiento adecuado en estado fresco y con una resistencia a la compresión que incluso superó a la muestra patrón. Asimismo, se realizó un análisis económico de las muestras alternativas, observándose que su aplicación permitiría reducir costos en obras paralizadas que cuenten con disponibilidad de cemento vencido, evitando la adquisición de cemento nuevo y aprovechando el material existente. En conclusión, se demostró que el uso de cemento Portland tipo MS caducado, combinado con un diseño de mezcla que incorpora un porcentaje de cemento dentro de su vida útil y un aditivo superplastificante, constituye una alternativa técnica y económicamente viable, especialmente aplicable en obras paralizadas, una problemática frecuente en el sector construcción.

Palabras clave: cemento vencido, aditivo superplastificante, concreto, obras paralizadas.

ABSTRACT

This thesis addressed the study of expired cement and the incorporation of superplasticizing additives as an alternative to improve its physical mechanical properties, whose main objective was to evaluate the effect of two superplasticizing additives in concretes made with expired MS type Portland cement of 7 and 9 months of age, in order to determine their influence on the physical mechanical performance of the material and to analyze the technical and economic viability of their application. For the development of the study, seven samples were proposed, the first corresponding to the concrete made with cement within its useful life, the second and third intended to evaluate the concretes made with expired cement of 7 and 9 months respectively, and samples four, five, six and seven in which two types of superplasticizing additives were incorporated in both expired cements, all under an experimental methodology that included laboratory tests to evaluate the properties of the concrete in the fresh and hardened state. During the experimental process, problems of exudation and segregation arose in the mixtures containing additives in proportions of 1.5% to 2.5%, which prevented the continuation of the scheduled tests. Therefore, alternative samples were prepared that included a percentage of cement in good condition and a dosage of 1% additive, obtaining mixtures with adequate behavior in the fresh state and with a compressive strength that even exceeded that of the control sample. During the experimental process, problems of exudation and segregation arose in the mixtures containing additives in proportions of 1,5% to 2,5%, which prevented the continuation of the scheduled tests. Therefore, alternative samples were prepared that included a percentage of cement in good condition and a dosage of 1% additive, obtaining mixtures with adequate behavior in the fresh state and with a compressive strength that even exceeded that of the control sample.

Keywords: expired cement, superplasticizer additive, concrete, stalled works.

INTRODUCCIÓN

El sector construcción es una de las actividades que presenta una mayor demanda de materiales a nivel nacional, dentro de estos el cemento ocupa un rol fundamental, siendo el material principal para la ejecución de proyectos estructurales. Sin embargo, su vida útil es limitada ocasionando que pierda parte de sus características físicas y químicas cuando es almacenado por periodos prolongados o en condiciones inadecuadas, generando problemas que se acentúan en obras paralizadas.

En el contexto nacional es frecuente que las obras sufran suspensiones temporales por motivos administrativos, presupuestales, etc. lo que ocasiona el desperdicio de materiales, entre ellos el cemento, que al pasar su fecha de vencimiento es descartado por no considerarse adecuado para la fabricación del concreto, conllevando a pérdidas económicas debido a la necesidad de adquirir nuevo cemento.

Pese a la importancia del problema aún existe una brecha de conocimiento respecto al desempeño del cemento caducado y la recuperación parcial de sus propiedades con aditivos o la adición de un porcentaje de cemento en buen estado, que podría tener un potencial de aprovechamiento.

Frente a esto surge la necesidad de desarrollar una investigación que evalúe de manera experimental el efecto de dos aditivos superplastificantes en concretos elaborados con cemento Portland tipo MS caducado de siete y nueve meses, con el fin de determinar si es posible obtener mezclas con propiedades físico mecánicas aceptables y comparables con las de un concreto elaborado con cemento en buen estado, así como analizar la viabilidad técnica y económica de esta alternativa para su aplicación en obras paralizadas que disponen de cemento vencido.

El documento se estructura en cinco capítulos, el primer capítulo desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y el alcance de la investigación, el segundo capítulo presenta el marco teórico relacionado con el cemento Portland, los aditivos superplastificantes, los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido y las normativas correspondientes, el tercer capítulo describe la metodología experimental empleada, el cuarto capítulo expone los resultados obtenidos, el quinto capítulo presenta el análisis y la discusión de los mismos, y el sexto capítulo establece las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Mediante esta investigación se propone una alternativa viable para el aprovechamiento de cemento vencido a nivel técnico y económico, que además

promueve la aplicación de prácticas sostenibles que dan solución a problemas muy comúnmente vistos en el sector de construcción.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

En el contexto peruano, el sector construcción se ha consolidado como una de las actividades económicas de mayor relevancia por su impacto directo en el desarrollo urbano y de infraestructura a nivel nacional. No obstante, este sector enfrenta diversos desafíos que afectan la continuidad y la culminación oportuna de las obras. Entre los problemas más recurrentes se encuentran las paralizaciones, ampliaciones de plazo y sobrecostos, los cuales comprometen la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos. Las principales causas de paralización de obras incluyen deficiencias en la planificación y formulación de los expedientes técnicos, conflictos sociales, problemas de saneamiento físico-legal de los terrenos, falta de coordinación entre las entidades responsables, así como actos de corrupción y disputas contractuales entre las partes involucradas.

En el Informe de Obras Públicas Paralizadas en el Territorio Nacional a marzo del 2025, se registran un total de 2572 obras paralizadas con un saldo de inversión por ejecutar de S/. 22'512'058'100 y a nivel local en la ciudad de Tacna, un total de 50 obras paralizadas con un saldo de S/.737'478'944 (Contraloría General de la República del Perú, 2025).

Durante el período de paralización, la obra continúa generando costos fijos, como el pago de personal, vigilancia, alquiler de equipos y otros gastos administrativos. Además, los materiales almacenados, como el cemento, están expuestos al deterioro y vencimiento, lo que impide su uso posterior en el proyecto. Esta situación no solo representa un desperdicio de recursos, también origina gastos adicionales significativos, considerando que el cemento es uno de los principales insumos en las actividades constructivas.

Un ejemplo a nivel local de afectación de las paralizaciones es la obra "Mejoramiento de los servicios de salud del Hospital Hipólito Unanue de Tacna", que de acuerdo con la página de Infobras inició su ejecución en diciembre de 2017 pero al momento cuenta con solo un 39,75% de avance físico. El costo inicial del proyecto era de S/.281'163'682,00, pero a la fecha ha sufrido un incremento significativo, alcanzando un monto actualizado de S/. 632'167'754,00. En particular, el componente de infraestructura pasó de S/. 176'143'512,95 a S/. 331'837'938,07, lo que evidencia un fuerte incremento presupuestal con relación a los materiales y recursos requeridos para su reactivación.

En este contexto, resulta evidente que los materiales de construcción representan una proporción considerable del presupuesto total, y su deterioro o vencimiento durante las paralizaciones genera pérdidas económicas sustanciales. Uno de los materiales más críticos es el cemento, cuyo vencimiento durante el almacenamiento implica su descarte y por tanto la reposición de este para continuar con el proyecto. En ese sentido, la reutilización del cemento caducado mediante la incorporación de aditivos plastificantes podría representar una alternativa técnica y económicamente viable para reducir costos, especialmente en obras de gran envergadura como la mencionada previamente. Aplicar esta solución permitiría minimizar el desperdicio de materiales, optimizar recursos y contribuir a una ejecución más eficiente y sostenible en proyectos que han sido paralizados, que es una problemática muy frecuente a nivel local.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de dos aditivos superplastificante en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado en la ciudad de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la variación entre las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con una mezcla patrón y una mezcla que utiliza cemento portland tipo MS caducado, con una resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm²?
- b. ¿En qué medida los dos aditivos superplastificantes tendrán un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm² elaborado con cemento portland tipo MS caducado?
- c. ¿El uso de cemento Portland tipo MS caducado con la incorporación de aditivos superplastificantes, permite obtener un concreto con propiedades físico-mecánicas aceptables, constituyendo una alternativa técnica y económicamente viable frente al uso de cemento dentro de su vida útil?

1.3. Justificación e Importancia

A nivel académico, esta tesis permitirá profundizar en el conocimiento técnico y normativa nacional e internacional que rige el sector construcción, abordando problemáticas reales como las paralizaciones de obra y su impacto económico. En este

contexto, se plantea una alternativa de solución mediante la experimentación con cemento vencido, incorporando aditivos que puedan mejorar sus propiedades físico-mecánicas. Esta propuesta busca evaluar la viabilidad de reutilizar un insumo de alta incidencia presupuestal, contribuyendo así a la reducción de pérdidas económicas y al aprovechamiento eficiente de los recursos en proyectos de construcción afectados por paralizaciones.

A nivel social, la propuesta planteada en la tesis busca demostrar la factibilidad de la reutilización del cemento caducado, un insumo de alta incidencia en el presupuesto de las obras de construcción. Al reducir los costos asociados al desperdicio y reemplazo por nuevo material, se genera una reducción del costo significativo para las entidades ejecutoras. Este saldo presupuestal podría ser redirigido a cubrir otras necesidades prioritarias dentro del mismo proyecto o invertirse en nuevas iniciativas de carácter social. Contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos públicos y por tanto un impacto positivo en el desarrollo local.

A nivel económico, se propone una alternativa para mitigar uno de los principales gastos generados por la paralización de obras: la pérdida del cemento caducado. Se pretende utilizar aditivos plastificantes, con el objetivo de mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con cemento caducado. Esta resultaría económicamente favorable, ya que el costo de adquisición de aditivos es considerablemente menor en comparación con la reposición de nuevas bolsas de cemento, especialmente en proyectos de gran envergadura. En consecuencia, se lograría reducir el impacto económico de las paralizaciones u otras contingencias que ocasionen deterioro de materiales, favoreciendo una gestión más eficiente y sostenible de los recursos en el sector construcción.

A nivel ambiental, la tesis plantea una solución que contribuye a mitigar parcialmente el impacto negativo asociado a la producción de cemento, la cual es responsable de una significativa emisión de dióxido de carbono (CO_2), uno de los principales gases de efecto invernadero. La reutilización de cemento caducado evitaría su descarte y, al reducir la demanda de nuevas bolsas, contribuiría a disminuir la huella de carbono del proceso constructivo. Esta práctica no solo promueve una gestión más responsable de los recursos, sino que también ayuda a reducir los niveles de contaminación ambiental, beneficiando indirectamente la salud de la población y aportando a los objetivos de sostenibilidad en el sector construcción.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos aditivos superplastificantes en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado, en la ciudad de Tacna, 2025.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar la variación en las propiedades físico-mecánicas del concreto con resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm² al emplear cemento Portland tipo MS caducado, en comparación con una mezcla patrón elaborada con cemento dentro de su vida útil.
- b. Analizar las propiedades físico-mecánicas del concreto fabricado con cemento Portland tipo MS caducado al incorporar dos aditivos superplastificantes.
- c. Evaluar si el uso de cemento Portland tipo MS caducado con la incorporación de aditivos superplastificantes, permite obtener un concreto con propiedades físico-mecánicas aceptables que lo conviertan en una alternativa técnica y económicamente viable frente al concreto elaborado con cemento en buen estado.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La incorporación de aditivos superplastificantes tiene un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado, en la ciudad de Tacna, 2025.

1.5.2. Hipótesis Especifica

- a. El uso de cemento Portland tipo MS caducado en la elaboración de un concreto con resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm² provoca una disminución significativa en las propiedades físico-mecánicas del concreto, en comparación con una mezcla elaborada con cemento dentro de su periodo de vida útil.
- b. La incorporación de aditivos superplastificantes en concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento Portland tipo MS caducado produce un efecto positivo en sus propiedades físico-mecánicas.
- c. El uso de cemento Portland tipo MS caducado, en combinación con aditivos superplastificantes para la elaboración de concreto $f'c = 210$ kg/cm², permite

obtener propiedades físico-mecánicas aceptables, constituyéndose en una alternativa técnica y económicamente viable frente al concreto elaborado con cemento dentro de su vida útil.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Se mencionan a continuación investigaciones locales, nacionales e internacionales, con temas de estudio similares a los de la presente tesis que permitirán un análisis y comparación de metodologías y resultados.

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación de León et al. (2020). *Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón*, se tuvo como objetivo principal disminuir el contenido de cemento en la mezcla de hormigón utilizada por la Unidad de Servicios Básicos Hormigón, con el propósito de mejorar el rendimiento del material, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, sin afectar negativamente la calidad ni las propiedades mecánicas del producto final. Para ello, se aplicó una metodología de enfoque cuantitativo, basada en el análisis comparativo entre dos diseños de mezcla: el diseño 1, certificado y utilizado tradicionalmente por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), caracterizado por un alto consumo de cemento; y el diseño 2, una propuesta optimizada que conservó la misma relación agua/cemento, pero con una menor dosificación de cemento. Se caracterizaron los materiales utilizados (cemento Portland P-35, arenas de las canteras Arimao y Antonio Maceo, árido grueso y el aditivo plastificante Sikaplast 9100) y se realizaron ensayos de trabajabilidad (asentamiento), resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, porosidad efectiva y sortividad, siguiendo los parámetros establecidos en la norma cubana NC 120:2014. Los resultados mostraron que el nuevo diseño (diseño 2) alcanzó una resistencia promedio a los 28 días de 25,6 MPa, un valor que cumple satisfactoriamente con los requerimientos estructurales; la porosidad efectiva fue de 13,77 %, mientras que la sortividad se registró en $2,54 \text{ g/m}^2 \cdot \text{min}^0$ ⁵, todos dentro de los límites normativos. En comparación con el diseño 1, el diseño 2 representó una mejora en el rendimiento del cemento, logrando la fabricación de más volumen de hormigón por unidad de cemento utilizado. En conclusión, el estudio demostró que es técnica y económicamente viable reducir el contenido de cemento mediante un rediseño racional de la mezcla, lo que permite conservar la calidad del hormigón, cumplir con las normas de resistencia y durabilidad, y a la vez optimizar el uso de recursos en la industria de la construcción.

Lermen et al. (2019). *Effect of additives, cement type, and foam amount on the properties of foamed concrete developed with civil construction waste*, tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintos tipos de cemento, aditivos y porcentajes de espuma sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto espumado elaborado con residuos de construcción civil (RCC) como reemplazo total del agregado fino natural. La investigación empleó una metodología cuantitativa mediante un diseño experimental factorial completo, donde se analizaron tres factores principales: tipo de cemento (CP V ARI, CP II-Z, CP II-F), aditivos (sin aditivo, plastificante, superplastificante y aireante) y tres proporciones de espuma (5,7 %, 7,7 % y 9,5 % en masa). Se prepararon muestras para evaluar propiedades como la resistencia a compresión, densidades seca y saturada, porcentaje de vacíos, absorción de agua y conductividad térmica. Los resultados mostraron que todos los factores influyeron significativamente en las propiedades del concreto espumado, destacando que el uso de aditivos superplastificantes permitió obtener resistencias a compresión de hasta 6,8 MPa, con menor densidad y mejor comportamiento térmico. Asimismo, se observó que, a mayor porcentaje de espuma, disminuyó la densidad y la resistencia mecánica, pero mejoró la capacidad de aislamiento térmico del material, alcanzando conductividades térmicas tan bajas como 0,22 W/m-K. En conclusión, el estudio demuestra que es posible producir concretos livianos con residuos de construcción, siempre que se controle adecuadamente la combinación de cemento, aditivos y espuma, lo que representa una solución sostenible y técnica viable para la reutilización de materiales en la construcción.

Yu et al. (2019). En su investigación "*Recycling of expired cement and aged supplementary cementitious materials based on close packing theory and space filling effect*" tiene como objetivo proponer una técnica para el reciclaje del cemento vencido que consiste en la mezcla de este material con humo de sílice envejecido y escoria de alto horno, empleando un diseño de empaquetamiento cerrado de partículas. Esta técnica busca optimizar la disposición y densificación de los componentes a través de un enfoque basado en la microestructura del material. La metodología aplicada en el estudio incluye la evaluación de la accesibilidad y efectividad del empaquetamiento mediante técnicas avanzadas de caracterización como la porosimetría por intrusión de mercurio, la absorción de nitrógeno, la microscopía electrónica de barrido (SEM), la resonancia magnética nuclear (RMN) y el análisis termogravimétrico para evaluar el desarrollo de la resistencia en estado endurecido. El material utilizado fue cemento Portland ordinario vencido, con un grado de aglomeración que requería triturarse para su uso, también se incluyó humo de sílice y escoria almacenados por más de seis

meses. Los resultados obtenidos evidenciaron que la estructura porosa de la mezcla endurecida se podía clasificar en tres rangos: poros menores a 11 μm , entre 11 y 50 μm , y alrededor de 80 μm de diámetro. Se observó que la incorporación de humo de sílice envejecido favorece la formación de poros con diámetros inferiores a 12,2 μm , mientras que la adición de escoria presenta poros con diámetros superiores a este valor. La mezcla diseñada con empaquetamiento cerrado mostró una distribución de poros significativamente más uniforme en comparación con una mezcla convencional sin dicho diseño. Adicionalmente, las pruebas demostraron el efecto de relleno de partículas finas y productos de hidratación en los espacios intersticiales, así como una mejora en la densidad de la microestructura, particularmente a los 28 días. Estos resultados demuestran que la técnica propuesta es una alternativa eficiente para la reutilización de cemento caducado, y productos envejecidos como el humo de sílice y la escoria, promoviendo una solución técnica y ambientalmente sostenible para el sector construcción.

2.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación de Flores, y Ponce (2022). *Efecto del aditivo plastificante sobre el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento caducado Portland IP, Moquegua – 2022*, tuvo como propósito analizar el efecto del aditivo plastificante Sika Cem en el comportamiento del concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado utilizando cemento Portland tipo IP caducado, en condiciones reales de la ciudad de Moquegua, Perú. Esta investigación surge como respuesta a la necesidad de encontrar alternativas viables para el aprovechamiento de cemento vencido, un material que comúnmente se descarta, a pesar de que aún puede presentar capacidad aglomerante si se utilizan métodos adecuados de compensación. La metodología fue de tipo cuantitativa, utilizando un diseño experimental que involucró el uso de cemento con dos periodos distintos de caducidad (7 y 30 meses), junto con agregados locales y el aditivo plastificante en dos dosis distintas: 250 ml y 500 ml por bolsa de cemento. Se diseñaron mezclas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ mediante el método ACI 211 y se elaboraron probetas cilíndricas de 15 x 30 cm, que fueron sometidas a ensayos de asentamiento y resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, conforme a las normas técnicas peruanas NTP 334.058 y los procedimientos ASTM. Los resultados mostraron que el cemento caducado por 7 meses aún presentaba buena reactividad, especialmente cuando se combinó con 500 ml de aditivo, logrando una resistencia promedio de 220,46 kg/cm^2 a los 28 días, superando la resistencia de diseño. Por otro lado, el cemento con 30 meses de caducidad también alcanzó valores cercanos o ligeramente

inferiores a los esperados, pero aún dentro del rango aceptable para ciertos usos estructurales, evidenciando que el uso del aditivo puede mejorar considerablemente la trabajabilidad y la resistencia de mezclas con materiales comprometidos. Además, se evidenció que los agregados utilizados en la zona presentaban limitaciones, especialmente en la arena, que no cumplía completamente con las especificaciones técnicas, lo cual también influyó en los resultados. El análisis estadístico validó que tanto el tiempo de caducidad del cemento como la dosis de aditivo influyen significativamente en la resistencia del concreto ($p < 0,05$). En conclusión, el estudio demostró que es posible reutilizar cemento caducado en la elaboración de concreto estructural siempre que se apliquen aditivos plastificantes en dosis adecuadas, lo que permite obtener resistencias superiores a la de diseño, mejorar la trabajabilidad del concreto fresco, y reducir el desperdicio de materiales, representando una alternativa sostenible, técnica y económicamente viable en contextos donde la escasez o el encarecimiento de insumos obliga a aprovechar los recursos disponibles de forma más eficiente.

Mayanga, (2018). *Evaluación de las propiedades del concreto con aditivos superplastificantes Chemament 400 y Sikaplast®-326 en estructuras especiales, Lambayeque*, tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de los aditivos superplastificantes Chemament 400 y Sikaplast®-326 en las propiedades físicas y mecánicas del concreto diseñado para estructuras especiales, tales como muros de sótano, presas, estadios y edificaciones de gran altura, con resistencias de diseño de 350, 420 y 500 kg/cm². La investigación utilizó una metodología cuantitativa de tipo aplicada y diseño cuasi experimental, en la cual se prepararon mezclas de concreto con distintas dosificaciones de los aditivos: para Chemament 400 se usaron porcentajes de 0,7 %, 1,35 % y 2 %, mientras que para Sikaplast®-326 se probaron 1 %, 1,4 % y 1,8 %. Se evaluaron parámetros en estado fresco, tales como el asentamiento, el contenido de aire atrapado y el peso unitario, así como propiedades mecánicas en estado endurecido, incluyendo resistencia a compresión, resistencia a tracción y módulo de elasticidad, siguiendo las normas establecidas por el ACI 211.4. Los resultados evidenciaron que la incorporación de los aditivos permitió mejorar notablemente la trabajabilidad del concreto sin incrementar la relación agua/cemento, logrando resistencias superiores a las obtenidas con las mezclas convencionales; por ejemplo, con solo un 0,5 % de aditivo superplastificante se alcanzó una resistencia promedio a los 28 días de 341,8 kg/cm², lo que representó un incremento del 2,43 % respecto al patrón sin aditivo (333,7 kg/cm²). Además, en edades tempranas, a los 3 días, se observó un aumento de hasta un 20 % en la resistencia, indicando una aceleración en el proceso de fraguado y endurecimiento. Sin embargo, se detectó que dosis elevadas, como 2 % para

Chemament 400 y 1,8 % para Sikaplast®-326, provocaron un exceso de fluidez, segregación y pérdida de cohesión en las mezclas, lo que afectó negativamente la estabilidad y la homogeneidad del concreto, comprometiendo su desempeño estructural. Por ello, se concluyó que las dosis óptimas de aditivos superplastificantes deben situarse entre 0,7 % y 1,4 %, rango en el que se maximiza la mejora de las propiedades sin sacrificar la estabilidad de la mezcla.

Navas, y Vicente (2021). *Análisis y determinación del porcentaje óptimo de aditivo tipo A, para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, empleando cemento tipo I, en la ciudad de Pucallpa*, tuvo como objetivo principal analizar y determinar el porcentaje óptimo del aditivo tipo A para la elaboración de concreto con resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento tipo I en la ciudad de Pucallpa, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad y las propiedades mecánicas del concreto sin incrementar la relación agua-cemento ni afectar su durabilidad. La metodología aplicada fue de carácter cuantitativo, desarrollándose a través de un diseño experimental en el que se formularon mezclas de concreto con diferentes dosificaciones del aditivo tipo A, desde 0,5 % hasta 1,1 %, evaluando dos métodos de dosificación: en el primero se mantuvo constante la cantidad de cemento y se redujo progresivamente el agua conforme aumentaba el aditivo, y en el segundo se redujeron simultáneamente tanto el agua como el cemento a medida que aumentaba el porcentaje de aditivo. Se fabricaron probetas cilíndricas que fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, además de evaluar la trabajabilidad mediante el asentamiento. Los resultados indicaron que la metodología que redujo solo el agua (metodología 1) mostró un incremento constante en la resistencia a la compresión con mayores porcentajes de aditivo, alcanzando hasta 295 kg/cm^2 a los 28 días con un 1,1 % de aditivo, superando la resistencia de diseño. Por otro lado, la metodología 2, que redujo agua y cemento, presentó una disminución progresiva de la resistencia conforme aumentaba el aditivo, evidenciando que la reducción del cemento afecta negativamente las propiedades mecánicas. Se determinó que el porcentaje óptimo de aditivo para lograr un equilibrio entre resistencia, trabajabilidad y economía fue del 0,9 % bajo la metodología 2, alcanzando una resistencia promedio real de 294 kg/cm^2 , lo que representó un ahorro económico aproximado de S/ 29,86 por metro cúbico de concreto, equivalente a una reducción del 10,32 % en costos respecto a la mezcla sin aditivo. En conclusión, el estudio demostró que el uso adecuado del aditivo tipo A puede optimizar la dosificación del concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, mejorando sus propiedades mecánicas y su trabajabilidad, siempre que no se comprometa el contenido mínimo necesario de

cemento, validando así una alternativa técnica y económica efectiva para la construcción en la región de Pucallpa.

2.1.3. Antecedentes locales

Como alternativas para antecedentes locales se tomó en cuenta, Alvarez y Del Carpio (2024). *Impacto de la adición de fibra de cáñamo en la durabilidad y resistencia del concreto, región Tacna, Tacna, Perú*, se analizó el impacto que tiene la incorporación de fibra de cáñamo en la durabilidad y resistencia del concreto, en el contexto climático y constructivo de la región Tacna, Perú. El objetivo fue determinar cómo varía el comportamiento mecánico del concreto al adicionar diferentes porcentajes de esta fibra natural (1 %, 1,5 % y 2 %) respecto al peso del cemento, evaluando su influencia principalmente en la resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado. Para ello, se utilizó un enfoque metodológico cuantitativo de tipo experimental, con ensayos realizados en laboratorio que permitieron comparar el desempeño de las mezclas modificadas frente a una muestra patrón sin fibra. Los resultados indicaron que las dosificaciones del 1 % y 1,5 % de fibra de cáñamo mejoraron significativamente la resistencia a compresión, alcanzando valores superiores al concreto convencional, lo que también sugiere un mejor desempeño frente a procesos de deterioro físico como la absorción y permeabilidad. Sin embargo, al aplicar una dosis del 2 %, se evidenció una reducción en la resistencia y trabajabilidad, lo que implica que el exceso de fibra puede actuar como elemento disruptivo en la matriz cementicia. Los autores concluyen que la fibra de cáñamo, usada en proporciones controladas, representa una alternativa técnica viable y ecológica para mejorar las propiedades del concreto, especialmente en zonas con condiciones similares a las de Tacna, donde se busca promover el uso de materiales sostenibles sin sacrificar la calidad estructural del concreto.

Ramos, y Jiménez (2025). Reutilización del concreto proveniente de material demolido en el diseño de mezclas de concreto para la aplicación en canales – Tacna, 2024, tuvo como propósito evaluar la viabilidad del uso de concreto reciclado, proveniente de material demolido, como sustituto parcial del agregado grueso natural en el diseño de mezclas destinadas a canales. Se planteó como objetivo analizar el desempeño físico, mecánico, ambiental y económico de dicho concreto reutilizado. Para ello, se elaboraron cinco mezclas: una de control y cuatro con reemplazos progresivos del 20 %, 30 %, 40 % y 50 % del agregado grueso por agregado reciclado. La metodología adoptada fue de tipo experimental, mediante ensayos de laboratorio orientados a determinar propiedades como la resistencia a compresión, el peso unitario, la granulometría, la humedad, el peso específico y la absorción. Los resultados

indicaron que hasta un 50 % de sustitución, el concreto reciclado presentó propiedades dentro de márgenes aceptables, comparables con el concreto convencional. En términos económicos, se observó una reducción significativa en los costos de producción, mientras que, desde una perspectiva ambiental, se evidenció una disminución en el uso de materiales no renovables y en la generación de residuos de construcción. En consecuencia, los autores concluyen que el concreto reciclado representa una opción técnicamente factible y ambientalmente sostenible para la construcción de canales, recomendando ampliar su estudio a largo plazo y en distintas condiciones para validar su aplicabilidad en otros tipos de infraestructura.

Virruet, (2022). *Análisis comparativo en el diseño de mezcla de concreto empleando aditivos superplastificantes e incorporadores de aire para evaluar la resistencia mecánica máxima del concreto autocompactante, Tacna 2022*, la investigación tuvo como propósito analizar la resistencia del concreto autocompactante mediante el uso de aditivos superplastificante e incorporador de aire, tomando como referencia un diseño con resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. La metodología utilizada es de tipo cuantitativa con un enfoque experimental. Para ello, se evaluó el desempeño del concreto tanto en estado fresco como endurecido, variando la dosificación del aditivo superplastificante Sikament–290N en proporciones de 1 %, 2 % y 3 %. Se fabricaron 40 probetas, distribuidas en cuatro grupos: un grupo patrón sin aditivos (10 probetas), y tres grupos con 1 %, 2 % y 3 % de aditivo respectivamente, también con 10 probetas cada uno. Los resultados revelaron que el concreto sin aditivos alcanzó una resistencia a compresión promedio de $285,07 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días, mientras que las mezclas con 1 %, 2 % y 3 % de aditivo lograron resistencias de $325,40 \text{ kg/cm}^2$, $369,66 \text{ kg/cm}^2$ y $337,88 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente. En base a estos datos, se concluye que la incorporación del aditivo en un 2 % proporciona la mayor mejora en la resistencia a compresión, optimizando además la trabajabilidad del concreto sin comprometer su homogeneidad.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aditivos

Un aditivo es cualquier material distinto al agua, los agregados o el cemento que se incorpora a mezclas como el concreto o el mortero durante su proceso de elaboración, ya sea antes o durante el mezclado, con el fin de modificar sus propiedades físicas y químicas para mejorar su desempeño. Estos compuestos son esenciales en la industria de la construcción moderna, ya que permiten adaptar las mezclas a condiciones ambientales específicas, mejorar la trabajabilidad, aumentar la resistencia, reducir el

consumo de agua y mejorar la durabilidad frente a agentes agresivos. Desde el punto de vista químico, los aditivos plastificantes están compuestos principalmente por sales de lignosulfonato, naftalenosulfonatos condensados o éteres de policarboxilato, los cuales actúan como agentes dispersantes al reducir la tensión superficial entre las partículas de cemento, permitiendo una mejor hidratación y flujo de la mezcla sin necesidad de agregar más agua. Esta acción química mejora la compacidad del concreto, reduce la porosidad y aumenta la resistencia final. Además, algunos aditivos pueden contener trazas de cloruros, álcalis o sulfatos, los cuales deben ser estrictamente controlados para evitar efectos nocivos como la corrosión del acero de refuerzo. En conjunto, los aditivos son el resultado de desarrollos químicos avanzados que permiten la optimización del comportamiento del concreto, ajustándose a exigencias técnicas, ambientales y estructurales cada vez más estrictas (Neville & Brooks, 2010).

La norma ASTM C494 clasifica los aditivos químicos en varios tipos según su función: tipo A (reductor de agua), tipo B (retardante), tipo C (acelerante), tipo D (reductor de agua y retardante), tipo E (reductor de agua y acelerante), tipo F (superplastificante) y tipo G (superplastificante retardante). Es fundamental seleccionar el tipo adecuado de aditivo de acuerdo con las condiciones de obra, el tipo de cemento utilizado y el desempeño esperado del concreto.

2.2.1.1. Tipos de aditivos

a. Aditivos tipo A

Un aditivo Tipo A (reductor de agua) es una sustancia química que se añade al concreto para reducir al menos un 5 % del agua de mezcla necesaria para alcanzar una consistencia específica (asentamiento o revenimiento), o bien para aumentar la trabajabilidad manteniendo la misma proporción agua-cemento, sin retardar significativamente el tiempo de fraguado. Esta clasificación se establece en la norma ACI C 494/C 494M, que regula los requisitos de desempeño, dosificación, resistencia y fraguado de los aditivos químicos para concreto (American Concrete Institute, 2016, Type A).

b. Aditivos tipo B

Un aditivo retardante es una sustancia química añadida al concreto para demorar el inicio del fraguado, permitiendo extender el tiempo útil de trabajabilidad sin afectar negativamente la resistencia final del material. Según la norma ACI C494/C494M-16,

los retardantes están clasificados como Tipo D, y su función principal es prolongar el tiempo de fraguado para facilitar la colocación y el acabado del concreto en condiciones climáticas adversas o en obras que requieren mayor tiempo de manipulación (American Concrete Institute, 2016).

El uso adecuado de aditivos retardantes es fundamental en situaciones donde las altas temperaturas aceleran el fraguado natural del concreto, o cuando es necesario transportar el concreto por largas distancias. Además, estos aditivos ayudan a mejorar la calidad del acabado superficial y a prevenir problemas asociados con fraguados prematuros que podrían afectar la durabilidad y la integridad estructural.

c. Aditivos tipo C

Un aditivo acelerante es un aditivo químico que se incorpora al concreto para disminuir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo de resistencia inicial, facilitando así la rápida manipulación, desencofrado y puesta en servicio de la estructura. En la norma ACI C494/C494M-16, los acelerantes se clasifican como Tipo C y están diseñados para acelerar las reacciones químicas del cemento, particularmente en condiciones de bajas temperaturas o cuando se requiere acortar el tiempo de construcción (American Concrete Institute, 2016).

El uso de acelerantes es común en climas fríos o en obras que demandan rapidez, como pavimentos, prefabricados o reparaciones, pero debe manejarse con cuidado para evitar efectos adversos en la durabilidad o resistencia a largo plazo, especialmente en concretos expuestos a ambientes agresivos.

d. Aditivos tipo D

Es un reductor de agua de alto rango con efecto retardante que se añade al concreto para disminuir significativamente la cantidad de agua necesaria para una consistencia dada y, al mismo tiempo, retrasar el inicio del fraguado del concreto. Esto permite obtener mezclas con alta trabajabilidad y mayor tiempo útil para la colocación, transporte y acabado, sin comprometer las propiedades finales del concreto. El efecto retardante es particularmente útil en climas cálidos o en proyectos que requieren largos periodos de manipulación (American Concrete Institute, 2016).

Este tipo de aditivo combina las ventajas de la reducción de agua con la extensión del tiempo de fraguado, optimizando así el desempeño del concreto fresco y endurecido, especialmente en obras de gran escala o con condiciones ambientales exigentes.

e. Aditivos tipo E

Es un reductor de agua de alto rango con efecto acelerante, diseñado para disminuir significativamente la cantidad de agua necesaria para una mezcla con una trabajabilidad determinada y al mismo tiempo acelerar el tiempo de fraguado y el desarrollo temprano de resistencia del concreto. Este tipo de aditivo es útil para mejorar la productividad en obras, especialmente en climas fríos o cuando se requiere acelerar el proceso de construcción sin sacrificar la calidad del concreto (American Concrete Institute, 2016).

El uso del Tipo E permite obtener concretos con alta fluidez y rápida ganancia de resistencia inicial, facilitando el desencofrado temprano y la puesta en servicio acelerada de estructuras.

f. Aditivos tipo F

Un aditivo superplastificante es una sustancia química que se incorpora al concreto o mortero en pequeñas cantidades durante el mezclado con el objetivo de reducir el contenido de agua sin afectar negativamente la trabajabilidad o, en su defecto, de mejorar la trabajabilidad sin necesidad de añadir más agua. En el Perú, este tipo de aditivos está regulado por la Norma Técnica Peruana NTP 334.088, la cual establece que los aditivos reductores de agua (como los plastificantes) deben cumplir requisitos específicos de desempeño relacionados con el fraguado, resistencia y compatibilidad con otros componentes del concreto. Aunque la norma no define literalmente el término “plastificante”, se clasifica dentro del grupo de aditivos reductores de agua de tipo normal, cuyo propósito es mejorar las propiedades del concreto fresco y endurecido mediante la reducción de la relación agua/cemento, lo cual incrementa la resistencia final del material (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2014).

En el contexto del uso de cemento caducado, los aditivos plastificantes pueden jugar un papel crucial al compensar la pérdida parcial de reactividad del cemento. Su incorporación permite mantener o incluso mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con materiales no convencionales, convirtiéndolo en una alternativa técnicamente viable cuando se busca reducir el desperdicio de insumos en obra.

i. SikaPlast-1150® PE

Es un aditivo para hormigón desarrollado para producir hormigón que necesita mantener la fluidez sin afectar el correcto desarrollo de resistencias. No contiene cloruros. Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo F.

SikaPlast® -1150 PE es un aditivo que basa sus acciones en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y repulsión estérica, de manera que las partículas sólidas se dispersan de manera efectiva, y se puede mantener un alto nivel de fluidización en el tiempo con menor contenido de agua, obteniendo las siguientes propiedades:

- El reductor es un agua de alto rango, por lo que no es necesario usar un plastificante adicional.
- El uso de SikaPlast-1150® PE permite la producción de hormigón y morteros de alto rendimiento.
- Eficacia de hormigones y morteros con una amplia gama de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Proporciona hormigón y morteros con mayor estabilidad y trabajabilidad que los fabricados con dispersantes convencionales y reductores de agua.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Conserva la trabajabilidad durante más tiempo mientras mantiene el desarrollo de resistencias iniciales.

ii.EcoPlast -WG 9600

Es un aditivo superplastificante con reductor de agua de alto rango cumple con la normativa ASTM C 494 y ASTM C-1017 y es de tipo F. La dosificación es en dosis del 1,0% - 2,5% sobre el peso del cemento como reductor de agua de alto rango. Algunos beneficios de su aplicación son los siguientes:

- Mejora de la trabajabilidad
- Mayor durabilidad del concreto
- Mayor impermeabilidad y durabilidad del concreto
- Es posible hacer una re dosificación de la mezcla a pie de obra
- Aplica en diseños especiales y concretos convencionales

g. Aditivos tipo G

El aditivo Tipo G conforme a la norma ACI C494/C494M-16 es un superplastificante con efecto retardante, que se utiliza para incrementar significativamente la fluidez y trabajabilidad del concreto fresco, permitiendo una reducción considerable del contenido de agua, y simultáneamente retrasar el inicio del fraguado. Esto facilita el transporte, colocación y acabado del concreto, especialmente en proyectos de gran

escala o en condiciones climáticas cálidas donde es necesario extender el tiempo útil de la mezcla sin afectar la resistencia final (American Concrete Institute, 2016).

Este tipo de aditivo combina las ventajas de los superplastificantes —como la mejora en la manejabilidad y la reducción del agua— con la capacidad de retardar el fraguado, optimizando el desempeño del concreto tanto en estado fresco como endurecido.

2.2.1.2. Criterio Normativo

a. ASTM-C494

Además de clasificar los aditivos por tipo (del A al G), la norma ASTM C494 establece métodos de ensayo y límites de tolerancia para validar su eficacia. Por ejemplo, los aditivos Tipo A (reductores de agua) deben demostrar una reducción mínima del 5 % en el contenido de agua de mezcla respecto a la muestra de referencia, sin disminuir la resistencia a compresión a las edades de prueba establecidas. Asimismo, para los aditivos Tipo D (reductores de agua y retardantes), se permite una ampliación del tiempo de fraguado inicial, siempre que se mantenga o supere el 90 % de la resistencia de la mezcla patrón a los 28 días (ASTM International, 2019).

Estos criterios permiten a los profesionales de la construcción seleccionar y dosificar los aditivos de forma segura, con base en datos verificables y comparables. La norma también exige que los aditivos no produzcan efectos indeseables como segregación, pérdida excesiva de trabajabilidad, fisuración por retracción o corrosión de armaduras. Por lo tanto, ASTM C494 funciona no solo como una guía técnica, sino también como un mecanismo de control de calidad para asegurar que el concreto modificado mantenga los estándares estructurales requeridos durante su vida útil (ASTM International, 2019).

2.2.2. Concreto

El concreto es un material compuesto formado por la mezcla de cemento, agregados (fino y grueso), agua y, en algunos casos, aditivos que modifican sus propiedades. Es uno de los materiales más utilizados en la construcción debido a su versatilidad, resistencia y durabilidad. La resistencia del concreto depende de la proporción adecuada de sus componentes y de la calidad de los materiales empleados, así como del proceso de mezclado, colocación y curado (Neville, 2011).

El comportamiento físico-mecánico del concreto está determinado principalmente por la calidad del cemento, la granulometría y limpieza de los agregados,

la relación agua-cemento y la posible incorporación de aditivos que mejoran su trabajabilidad y resistencia. La relación agua-cemento es un factor crítico que afecta la porosidad, resistencia y durabilidad del concreto. Un exceso de agua disminuye la resistencia final, mientras que una cantidad insuficiente afecta la hidratación completa del cemento (Mehta & Monteiro, 2014).

El concreto debe cumplir con normas técnicas nacionales e internacionales que establecen requisitos para su diseño, mezcla, pruebas y aceptación. En Perú, la NTP 339.034 regula aspectos como la resistencia característica, el muestreo y los ensayos para asegurar la calidad del concreto estructural utilizado en obras civiles (INACAL, 2018).

Según el American Concrete Institute (ACI), es un material de construcción compuesto por una mezcla de cemento hidráulico (comúnmente cemento Portland), agua, agregados finos y gruesos, y en ocasiones aditivos químicos o minerales. Esta mezcla, al endurecer por reacción química con el agua (hidratación), forma una masa sólida con buena resistencia a la compresión y durabilidad frente a agentes ambientales. El concreto es ampliamente utilizado en obras civiles por su versatilidad, capacidad de ser moldeado en distintas formas y su resistencia estructural. Además, puede adaptarse a diversas condiciones mediante el uso de aditivos y ajustes en su diseño de mezcla (American Concrete Institute, 2016).

2.2.2.1. Propiedades físico-mecánicas del concreto

a. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes del concreto, ya que determina su capacidad para soportar cargas estructurales. Esta resistencia se mide comúnmente en cilindros o cubos de concreto curados y ensayados a los 7, 14 y, principalmente, a los 28 días, siendo este último el valor estándar utilizado como referencia para la resistencia característica del concreto (f'_c) (Neville, 2011).

La resistencia del concreto depende de diversos factores, como la relación agua-cemento, la calidad del cemento y los agregados, el tipo de aditivos utilizados, la compacidad de la mezcla, el curado y las condiciones ambientales durante el fraguado y endurecimiento. Una menor relación agua-cemento generalmente se traduce en mayor resistencia, siempre que haya una adecuada hidratación del cemento y trabajabilidad suficiente para una buena colocación (Mehta & Monteiro, 2014).

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia del concreto es el de compresión axial uniaxial en cilindros de 15 × 30 cm, siguiendo procedimientos

estandarizados como la ASTM C39 o la NTP 339.034, que establecen condiciones precisas de preparación, curado y ensayo. Este valor de resistencia permite clasificar el concreto según su uso estructural (liviano, normal o de alta resistencia) y verificar si cumple con las especificaciones de diseño.

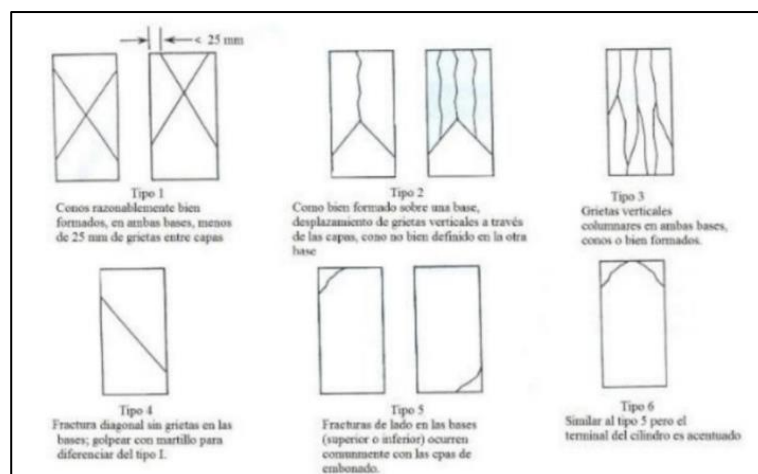
La incorporación de aditivos plastificantes o superplastificantes puede influir positivamente en la resistencia del concreto al permitir reducir el contenido de agua sin afectar su trabajabilidad, lo que mejora la densidad y disminuye la porosidad. En contextos donde se emplea cemento vencido, estos aditivos pueden ser clave para compensar parcialmente la pérdida de reactividad del cemento, favoreciendo una hidratación más eficiente y mejorando la resistencia final de la mezcla.

Finalmente, es importante destacar que no solo la resistencia inicial, sino también el desarrollo de la resistencia en el tiempo y la durabilidad del concreto, son fundamentales para asegurar el desempeño estructural a largo plazo, especialmente en ambientes agresivos o sometidos a cargas repetitivas.

En la Figura 1 se pueden observar los tipos de falla de los testigos de concreto, los cuales son fundamentales para evaluar el comportamiento mecánico del material, identificar posibles deficiencias en su elaboración o curado y verificar el cumplimiento de los requisitos de resistencia establecidos en el diseño estructural.

Figura 1

Tipos de falla de testigos de concreto



Nota. Adaptado de NTP 339.034-2015

b. Trabajabilidad

La trabajabilidad es una propiedad fundamental del concreto en estado fresco, que describe su facilidad de mezclado, transporte, colocación, compactación y acabado sin

presentar segregación ni exudación. En términos simples, es la capacidad del concreto para ser manejado eficientemente durante su colocación en obra. Una buena trabajabilidad asegura que la mezcla pueda adaptarse adecuadamente a las formas y al armado, reduciendo la presencia de vacíos y mejorando la calidad estructural del elemento construido (Neville, 2011).

La trabajabilidad depende de varios factores: la relación agua-cemento, la granulometría y forma de los agregados, el contenido de finos, el tiempo de mezclado, la temperatura ambiental y el uso de aditivos. A mayor cantidad de agua, generalmente aumenta la trabajabilidad, pero puede comprometer la resistencia final del concreto. Por esta razón, se emplean aditivos plastificantes que mejoran la fluidez de la mezcla sin aumentar el contenido de agua, permitiendo un equilibrio entre trabajabilidad y resistencia (Mehta & Monteiro, 2014).

El grado de trabajabilidad puede medirse mediante diferentes ensayos normalizados. El más común es el ensayo de asentamiento (slump test), definido en la norma ASTM C143 / NTP 339.035, que consiste en medir la deformación vertical de un cono de concreto fresco después de retirar el molde. Este ensayo proporciona una indicación práctica de la consistencia del concreto. Otros métodos, como el ensayo de flujo o el ensayo de Vebe, se utilizan para mezclas más fluidas o más secas, respectivamente.

Una mezcla con baja trabajabilidad puede dificultar la colocación, especialmente en elementos densamente armados, mientras que una mezcla con trabajabilidad excesiva puede provocar segregación y pérdida de cohesión. Por ello, el control adecuado de la trabajabilidad es clave para lograr un concreto durable, con buena compacidad y resistencia uniforme en toda la estructura.

c. Temperatura del concreto

La temperatura es un factor determinante en el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido. Afecta directamente el proceso de hidratación del cemento, la velocidad de fraguado, la ganancia de resistencia y la durabilidad del material. La temperatura ambiente durante el mezclado, transporte, colocación y curado del concreto puede acelerar o retrasar estas reacciones, influyendo en la calidad final de la estructura (Neville, 2011).

Cuando la temperatura es elevada (mayor a 30 °C), el concreto tiende a perder trabajabilidad más rápido, ya que el agua de la mezcla se evapora antes de que el cemento pueda hidratarse completamente. Esto puede conducir a una hidratación

incompleta, aparición de fisuras por retracción plástica y una menor resistencia a largo plazo. En estos casos, es recomendable utilizar aditivos retardantes y realizar el curado inmediatamente después del vaciado para evitar pérdidas prematuras de humedad (Mehta & Monteiro, 2014).

En condiciones de baja temperatura (por debajo de 10 °C), el proceso de hidratación se ralentiza, lo que puede retrasar el fraguado inicial y la ganancia de resistencia del concreto. Si la temperatura desciende por debajo de 0 °C, existe el riesgo de que el agua dentro del concreto se congele, lo que puede dañar la estructura interna antes de que adquiera suficiente resistencia. En estos casos, se pueden emplear aditivos acelerantes y proteger el concreto con mantas térmicas o elementos calefactores durante el curado.

Las normas técnicas, como la ASTM C1064 y la NTP 339.083, establecen los métodos para medir la temperatura del concreto en el momento de su entrega. Generalmente, la temperatura recomendada del concreto fresco en climas cálidos no debe superar los 32 °C, mientras que en climas fríos debe mantenerse por encima de 5 °C durante las primeras 24 horas de curado. Mantener el concreto dentro de estos rangos permite asegurar un desarrollo óptimo de sus propiedades mecánicas y su durabilidad.

2.2.2.2. Criterio Normativo

a. NTP 339.035:2016, Concreto – Método normalizado para la determinación de la consistencia mediante el ensayo de asentamiento

Señala el procedimiento para evaluar la trabajabilidad del concreto fresco mediante el ensayo de asentamiento o *slump test*. El método consiste en llenar un molde troncocónico con la mezcla en tres capas, compactando cada una, y luego retirar el molde para medir la disminución en la altura del concreto fresco. Este valor es un indicador directo de la consistencia y la facilidad con la que puede ser manejado el concreto, siendo fundamental para el control de calidad en obra y el cumplimiento de especificaciones técnicas (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2016).

b. NTP 339.184: CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.

Establece el método de ensayo para determinar la temperatura del concreto hidráulico en estado fresco, con el fin de verificar su conformidad en el momento de la mezcla. La medición debe realizarse con un sensor con precisión de $\pm 0,5$ °C, que permita una

inmersión mínima de 75 mm y esté rodeado por al menos 75 mm de concreto, ya sea en el equipo de transporte o tras el vaciado. La muestra debe prepararse en un recipiente humedecido si no se usa encofrado, y el sensor debe permanecer entre 2 y 5 minutos antes de registrar la lectura, la cual debe aproximarse a 0,5 °C. Además, el dispositivo de medición debe verificarse anualmente contra un termómetro de referencia con precisión de $\pm 0,2$ °C, usando un medio térmicamente estable. Se especifica que la desviación estándar en mediciones hechas por un solo operador es de 0,3 °C y entre diferentes operadores de 0,4 °C, siendo las diferencias máximas aceptables de 0,7 °C y 1,1 °C respectivamente. Este procedimiento es fundamental para garantizar la calidad del concreto en obra y debe seguirse conforme a lo indicado para asegurar resultados fiables (INACAL, 2013).

c. NTP 339.183: CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio

Esta norma rige los procedimientos de preparación de materiales, mezclado del concreto, elaboración y curado de probetas elaboradas en laboratorio. Sobre los moldes nos indica que deberán ser de un material no absorbente y no reactivo con el concreto, y en caso de ser reusables deberán estar revestidos de un material desmoldante. Sobre la mezcladora nos indican que deberá contar con un motor y un tambor giratorio o un recipiente en que se utilizará una mezcladora con paleta giratoria. También nos indica que el número de especímenes a realizar generalmente son tres por cada edad o condiciones de prueba a evaluar. La norma también indica la preparación de los materiales previo a la elaboración de testigos, las condiciones a considerar para el mezclado del concreto, los ensayos a elaborar, y el moldeo y consolidación correspondiente. Finalmente nos indica la necesidad de cubrir los especímenes para evitar la pérdida de humedad previo a su desmolde a las 24 h \pm 8 h posterior al vaciado y su posterior curado en cuartos húmedos o tanques de almacenamiento de agua. (INDECOPI, 2013)

d. NTP 339.034: Concreto: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas

Regula la aplicación de una carga de compresión axial sobre especímenes cilíndricos o testigos diamantinos, siguiendo protocolos rigurosos de muestreo, curado, conformado y velocidad de carga, basados en la norma ASTM C39/C39M (INACAL, 2021). Esta norma es aplicable a concretos con densidad superior a 800 kg/m³ y determina la resistencia a través de la carga máxima soportada por la sección transversal del cilindro

durante el ensayo. Asimismo, NTP 339.034 establece criterios de precisión que incluyen coeficientes de variación máximos del 5 % entre laboratorios y hasta un 14 % de dispersiones entre resultados obtenidos por muestras independientes bajo procedimientos estandarizados.

2.2.2.3. Composición

a. Cemento

El cemento es un material pulverulento compuesto principalmente por clinker, que al mezclarse con agua experimenta una reacción química denominada hidratación, transformándose en una pasta que endurece y adquiere resistencia con el tiempo. Es el principal componente aglutinante en la fabricación del concreto y morteros, y su calidad influye directamente en las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las estructuras (Neville, 2011).

Existen diversos tipos de cemento según su composición química y propiedades específicas, siendo el cemento Portland el más utilizado en construcción civil. Dentro de este grupo, el cemento Portland tipo MS (moderadamente sulfato resistente) se caracteriza por su capacidad para resistir ataques moderados de sulfatos presentes en el agua o el suelo, lo cual lo hace adecuado para suelos o ambientes con cierta agresividad química (ASTM C150).

El proceso de fabricación del cemento Portland incluye la molienda de clinker con yeso y otros aditivos para controlar el tiempo de fraguado y mejorar la manejabilidad. Sin embargo, el almacenamiento prolongado o condiciones inadecuadas pueden afectar su calidad, dando lugar a lo que se conoce como “cemento vencido” o caducado, el cual presenta una reducción en su capacidad de hidratación y, por ende, disminuye la resistencia final del concreto (Mehta & Monteiro, 2014).

La NTP 334.009 clasifica los cementos Portland en cinco tipos principales, según sus propiedades específicas: Tipo I (uso general), Tipo II (uso general con moderada resistencia a sulfatos o calor de hidratación), Tipo III (alta resistencia inicial), Tipo IV (bajo calor de hidratación), y Tipo V (alta resistencia a sulfatos); además, se permite la combinación de tipos (por ejemplo, Tipo I/II) cuando un cemento cumple con los requisitos de más de un tipo (INACAL, 2013)

En la actualidad se utiliza la norma técnica peruana NTP 334.082 establece los requisitos de desempeño para los cementos hidráulicos empleados en aplicaciones generales y especiales, sin imponer restricciones sobre su composición, y clasifica estos cementos según sus propiedades de rendimiento específicas.

i.Tipo GU (uso general)

Está diseñado para aplicaciones generales en construcción donde no se requieren propiedades especiales como alta resistencia inicial, resistencia a sulfatos o bajo calor de hidratación. Este tipo de cemento proporciona un rendimiento adecuado en una amplia variedad de estructuras como pavimentos, edificaciones, obras civiles y prefabricados, cumpliendo los requisitos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad estándar para la mayoría de los proyectos de ingeniería (INACAL, 2020).

ii.HE (alta resistencia inicial)

Está formulado para aplicaciones donde se requiere un rápido desarrollo de resistencia mecánica en las primeras etapas del fraguado, facilitando una desmolde rápida y una aceleración en el avance de obras que demandan tiempos cortos de puesta en servicio. Este cemento es ideal para prefabricados, reparaciones rápidas y elementos estructurales que deben soportar cargas prematuras, garantizando que se cumplan los requisitos de resistencia temprana sin comprometer la durabilidad (INACAL, 2020).

iii.HS (alta resistencia a sulfatos)

Especialmente formulado para resistir ambientes altamente agresivos con alta concentración de sulfatos, como aguas residuales, suelos contaminados o áreas industriales, protegiendo las estructuras de concreto contra daños químicos severos. Este tipo de cemento es esencial para garantizar la durabilidad y la integridad estructural en condiciones extremas de exposición a sulfatos, manteniendo la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional a largo plazo (INACAL, 2020).

iv.MH (calor de hidratación moderado)

Está diseñado para aplicaciones donde es necesario controlar el desarrollo del calor durante la hidratación, evitando así el agrietamiento térmico en grandes volúmenes de concreto, como presas, estructuras masivas o elementos con restricción térmica. Este tipo de cemento reduce la temperatura máxima generada durante el fraguado, asegurando una mejor estabilidad dimensional y durabilidad en proyectos con requerimientos térmicos especiales (INACAL, 2020).

v.LH (bajo calor de hidratación)

Está formulado para minimizar la generación de calor durante el proceso de fraguado y endurecimiento, siendo ideal para estructuras de gran volumen donde el control térmico es crítico para evitar fisuras por agrietamiento térmico. Este cemento contribuye a mantener la estabilidad térmica y la durabilidad a largo plazo en presas, grandes cimentaciones y otras obras masivas que requieren un manejo cuidadoso del calor generado (INACAL, 2020).

Para el presente estudio, se considera el uso del cemento hidráulico tipo MS (resistencia moderada a sulfatos) como una opción adecuada para condiciones propias de climas áridos como el de Tacna, donde los suelos suelen presentar niveles moderados de sulfatos debido a la escasa precipitación y alta evaporación. Este tipo de cemento proporciona protección química contra el ataque de sulfatos, minimizando el riesgo de fisuración y deterioro en estructuras de concreto. Además, mantiene un desempeño mecánico confiable sin generar un calor de hidratación excesivo, lo que lo hace apropiado tanto para elementos superficiales como para cimentaciones en contacto con suelos potencialmente agresivos.

vi.Cemento Portland Tipo MS

Está indicado para estructuras que estarán expuestas a ambientes con concentración moderada de sulfatos en el suelo o agua, donde es necesario prevenir el deterioro químico que estos compuestos pueden causar en el concreto. Trabajar con este tipo de cemento contribuye a prolongar la vida útil de la obra al minimizar la expansión y fisuración causada por reacciones químicas agresivas, especialmente en fundaciones, alcantarillados, pavimentos y obras hidráulicas. Además, ofrece un equilibrio adecuado entre resistencia mecánica y resistencia química, evitando la necesidad de tratamientos especiales o aditivos costosos, lo que hace que su uso sea eficiente tanto técnica como económicamente (INACAL, 2020). En la figura 2 se muestran las características técnicas del cemento MS de la marca Yura.

Figura 2

Características técnicas del cemento Yura MS

REQUISITOS		Requisitos Norma Técnica Peruana 334,082:2020 y Norma ASTM C1157/C1157M-20 CEMENTO TIPO M5	CEMENTO YURA ANTISALITRE TIPO M5
REQUISITOS FÍSICOS	UNIDAD		
Densidad.	g/cm ³	-	2,7 a 2,8
Expansión en autoclave.	%	máximo 0,80	-0,09 a 0,02
Tiempo de Fraguado Inicial Vicat.	minutos	45 a 420	170 a 270
Contenido del aire.	%	máximo 12	3 a 7
Expansión de la barra de mortero a 14 días.	%	máximo 0,020	<0,020
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
3 días	kgf/cm ²	mínimo 112	150 a 195
7 días	kgf/cm ²	mínimo 184	190 a 228
RESISTENCIA A LOS SULFATOS			
Expansión a 6 meses	%	máximo 0,10	0,04 a 0,06

Nota. Adaptado de Yura S.A. (2025) del sitio web <https://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/ficha-tecnica-yura-antisalitre-2025.pdf>

vii. Cemento caducado

Es aquel que ha sobrepasado la fecha de vencimiento impresa por el fabricante o que ha estado almacenado por un periodo prolongado en condiciones no adecuadas. Durante el almacenamiento, el cemento puede absorber humedad del ambiente, provocando una prehidratación parcial o una carbonatación superficial, que disminuyen su capacidad de reaccionar completamente al entrar en contacto con el agua (Neville, 2011).

Uno de los principales problemas del cemento vencido es la pérdida de reactividad química. Cuando el clinker reacciona anticipadamente con la humedad del aire, forma compuestos hidratados inactivos, reduciendo así la proporción de cemento disponible para generar productos de hidratación como el C-S-H (silicato de calcio hidratado), responsable de la resistencia del concreto. Además, pueden formarse grumos o terrones que dificultan el mezclado y la uniformidad de la mezcla (Mehta & Monteiro, 2014).

Sin embargo, diversos estudios han demostrado que el cemento vencido puede seguir siendo utilizable bajo ciertas condiciones, especialmente si se evalúa su desempeño mediante ensayos de laboratorio. La resistencia a compresión del concreto elaborado con cemento caducado puede verse disminuida en un 10 % a 30 %, dependiendo del grado de afectación, el tiempo transcurrido desde la fecha de caducidad, y las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa, ventilación, etc.). Esta pérdida puede compensarse parcialmente mediante el uso de

aditivos plastificantes o superplastificantes, que mejoran la trabajabilidad, reducen la relación agua-cemento y promueven una hidratación más eficiente.

b. Los agregados

Los agregados son materiales granulares que, mezclados con cemento inertes y agua, conforman el concreto. Representan el mayor volumen dentro de la mezcla, entre un 60 % y 80 %, y cumplen funciones esenciales como proporcionar resistencia, estabilidad dimensional, reducir la retracción y disminuir el costo total del concreto. Su elección adecuada es fundamental para asegurar el buen desempeño estructural de la mezcla tanto en estado fresco como endurecido (Neville, 2011).

Se clasifican en dos tipos principales: agregado fino y agregado grueso. El agregado fino, usualmente arena natural o triturada, está constituido por partículas que pasan por el tamiz N.º 4 (4,75 mm). El agregado grueso, como la grava o piedra chancada, está formado por partículas que quedan retenidas en el mismo tamiz. La proporción, forma y distribución granulométrica de ambos tipos afectan directamente la trabajabilidad, cohesión y compacidad del concreto (Mehta & Monteiro, 2014).

Desde el punto de vista normativo, los agregados deben cumplir con los requisitos establecidos por estándares como la ASTM C33/C33M o la NTP 400.037, los cuales definen características físicas, químicas y granulométricas aceptables. Estas normas exigen que los agregados estén libres de impurezas perjudiciales como materia orgánica, arcillas expansivas, partículas suaves o friables, sales solubles y otros contaminantes que puedan afectar el proceso de hidratación del cemento o comprometer la adherencia entre pasta y agregado.

Las propiedades físicas más importantes de los agregados incluyen la resistencia al desgaste, la absorción de agua, la densidad, la textura superficial y la forma de las partículas. Agregados angulosos y rugosos tienden a ofrecer una mejor adherencia a la pasta de cemento, pero pueden reducir la trabajabilidad. Por otro lado, agregados redondeados mejoran la manejabilidad de la mezcla, aunque con una adherencia ligeramente menor. Asimismo, una buena distribución granulométrica mejora la compacidad de la mezcla y reduce la demanda de pasta, lo que se traduce en una menor retracción y mayor durabilidad.

El control de calidad de los agregados incluye ensayos de laboratorio como análisis granulométrico, ensayo de abrasión (Los Ángeles), determinación de impurezas orgánicas, absorción, densidad y contenido de humedad superficial. Estos ensayos

permiten seleccionar agregados que garanticen un concreto estructuralmente seguro y durable, especialmente en ambientes agresivos o de exposición prolongada.

i. NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

Señala el método de ensayo para determinar la distribución granulométrica de agregados finos, gruesos y globales mediante tamizado de una muestra seca de masa conocida, con tamices organizados de mayor a menor abertura. Se especifican los equipos necesarios —balanzas con precisión de 0,1 g para finos y 0,5 g para gruesos, tamices montados con estructura que evite pérdidas, y horno a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ —, así como el procedimiento de muestreo y reducción, la cantidad mínima de muestra (por ejemplo, 300 g para finos y hasta 300 kg para gruesos según el tamaño máximo nominal), y la necesidad de verificar la masa total tras tamizado, además de reportar porcentajes retenidos y pasantes con precisión de hasta 0,1 % y calcular el módulo de finura si se requiere (INACAL, 2018).

ii. NTP 339.185: Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Dispone el método de ensayo por secado para determinar el contenido total de humedad evaporable de agregados finos y gruesos, considerando tanto la humedad superficial como la contenida en los poros, pero excluyendo el agua químicamente combinada. El procedimiento requiere una balanza con precisión de 0,1 % y una fuente de calor como horno ventilado a $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, con alternativas menos controladas disponibles cuando no se requiere precisión extrema. Se detalla el muestreo, el secado hasta rango constante y los cálculos mediante la ecuación 1 (*referido a la ecuación 1*):

$$p = \frac{100(W - D)}{D} \quad \dots (1)$$

Donde:

W = peso húmedo

D= peso seco.

La norma incluye requisitos para el manejo de agregados gruesos de más de 50 mm y estipula índices de precisión: la desviación estándar para un mismo operador o entre laboratorios es de 0,28 %, con una diferencia máxima esperada de 0,79 %.

También reporta sesgo promedio cercano a +0,06 %, con intervalos de confianza que oscilan entre -0,07 % y +0,20 % (INACAL, 2021).

iii.NTP 400.017: Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados

Constituye el método estandarizado para determinar la masa por unidad de volumen (tradicionalmente conocida como “peso unitario”) y los vacíos en agregados —tanto finos como gruesos o mezclados—, midiendo estas propiedades en condiciones sueltas o compactadas, siempre que el tamaño nominal máximo de los agregados no exceda los 125 mm. Esto permite evaluar de manera fiable la densidad y la porosidad del material, parámetros fundamentales en el diseño de mezclas y control de calidad del concreto (INACAL, 2016).

iv.NTP 400.022: Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

Especifica el método de ensayo normalizado para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (excluyendo los vacíos entre ellas), la densidad relativa (o gravedad específica) y la absorción del agregado fino, considerando condiciones como seco al horno (OD) y saturado superficialmente seco (SSD); establece procedimientos que incluyen inmersión en agua para saturación, medición de masa y volumen mediante métodos gravimétrico o volumétrico, y cálculos específicos para cada parámetro, así como definiciones precisas y equipos requeridos, como balanza de alta precisión, picnómetro o frasco de Le Chatelier, y proporciona orientación sobre precisión esperada y condiciones de ensayo bajo estándares equivalentes a la ASTM C128 (INACAL, 2018).

v.NTP 400.021: Agregados. Método de ensayo para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

Define el método de ensayo para determinar la densidad promedio de las partículas, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso, sin considerar los vacíos entre partículas, y especifica diferentes estados de este material: seco al horno (OD), saturado superficialmente seco (SSD) y densidad aparente. El procedimiento incluye sumergir la muestra en agua, medir requerimientos de masa y volumen, diferenciar la densidad de masa sólida frente a la aparente, y aplicar cálculos específicos dependientes del estado del agregado, con el objetivo de caracterizar

fielmente su comportamiento físico, en concordancia con la norma ASTM C127 (NTP 400.021:2013, revisada 2018)

2.2.2.4. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla del concreto es el proceso mediante el cual se determinan las proporciones óptimas de sus componentes (cemento, agua, agregados y aditivos) para lograr una mezcla que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y economía. Este proceso es fundamental para garantizar el desempeño estructural y funcional del concreto en función de las condiciones del proyecto y del ambiente al que estará expuesto (Neville, 2011).

El objetivo del diseño es obtener una mezcla que alcance una resistencia característica mínima (f'_c) al cabo de 28 días, cumpla con los criterios de trabajabilidad, tenga un contenido de aire adecuado (si se requiere), y minimice la relación agua-cemento para maximizar la durabilidad. Para ello, se deben considerar factores como el tipo y cantidad de cemento, el tipo de agregado y su distribución granulométrica, la demanda de agua, los aditivos disponibles y las condiciones ambientales durante la ejecución de la obra (Mehta & Monteiro, 2014).

Entre los métodos más utilizados para el diseño de mezcla está el método del ACI (American Concrete Institute), específicamente el ACI 211.1, que proporciona una guía paso a paso para calcular las proporciones de cada componente, basado en ensayos previos de materiales, requerimientos de resistencia y condiciones de trabajabilidad. Este método incluye factores de ajuste para compensar el tipo de agregado, el asentamiento deseado (slump), el contenido de aire, y la pérdida por humedad o absorción de los agregados.

En el Perú, el diseño de mezcla se rige por normas técnicas como la NTP 339.045 y considera, al igual que el método ACI, la realización de pruebas de laboratorio para verificar que las mezclas cumplan con los requisitos estructurales y constructivos establecidos. Posteriormente, las proporciones obtenidas en laboratorio deben ser validadas mediante mezclas de prueba, ajustando el diseño en función de los resultados obtenidos (por ejemplo, resistencia a compresión o trabajabilidad).

Un buen diseño de mezcla también considera el costo económico, buscando reducir el consumo de cemento sin afectar las propiedades del concreto. Asimismo, puede adaptarse al uso de materiales alternativos, como cemento parcialmente vencido, incorporando aditivos plastificantes para compensar la pérdida de reactividad y garantizar una mezcla viable técnica y estructuralmente.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Aditivo

Un aditivo es cualquier sustancia distinta del agua, los agregados o el cemento, que se incorpora a la mezcla de concreto antes o durante el mezclado, con el fin de modificar una o más de sus propiedades físicas o químicas, como la trabajabilidad, el tiempo de fraguado, o la resistencia mecánica (Neville, 2013).

2.3.2. Aditivo Plastificante

Es un tipo de aditivo químico que se añade al concreto fresco para mejorar su trabajabilidad y reducir la cantidad de agua necesaria, sin afectar negativamente su resistencia mecánica. Su uso permite obtener mezclas más fluidas y homogéneas, facilitando su colocación y compactación, especialmente en estructuras con alta densidad de armaduras (Mindess et al., 2003).

2.3.3. Concreto

Es un material de construcción compuesto por una mezcla de cemento, agua, agregados (finos y gruesos) y, en algunos casos, aditivos. Al fraguar y endurecer, forma una masa sólida que proporciona resistencia y durabilidad a las estructuras. Su comportamiento puede adaptarse mediante el diseño de mezclas según los requerimientos estructurales y ambientales (Neville, 2013).

2.3.4. Cemento

El cemento es un material pulverulento de origen mineral que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece mediante reacciones químicas, desarrollando resistencia mecánica con el tiempo. Se utiliza como el principal aglutinante en la fabricación de concreto y morteros, y su tipo más común es el cemento Portland, compuesto principalmente de silicatos de calcio (Neville, 2013).

2.3.5. Cemento Caducado

Se refiere al cemento que excedió su periodo de vida útil. Por lo general, esto implica una pérdida de eficacia o capacidad de fraguado debido a factores como la humedad, almacenamiento prolongado o condiciones ambientales adversas. Aunque el cemento no "expira" en sentido estricto, se sugiere que, después de seis meses (y en condiciones óptimas), puede comenzar a perder sus propiedades. Además, normas técnicas indican que el cemento cuya vida útil supera los tres meses desde su entrega, especialmente

bajo condiciones normales de almacenamiento, debe ser inspeccionado antes de su uso para verificar su calidad.

2.3.6. F'c

Es la resistencia del concreto (hormigón) a la compresión, medida en megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²), que se verifica a diferentes edades del concreto.

2.3.7. Dosificación

La dosificación del concreto es el proceso mediante el cual se determinan las proporciones adecuadas de los materiales que lo componen (cemento, agua, agregados y aditivos) con el fin de obtener una mezcla que cumpla con los requisitos de resistencia, trabajabilidad y durabilidad para una aplicación específica. Esta etapa es fundamental para asegurar el rendimiento estructural y la economía del proyecto (Neville, 2013).

2.3.8. Resistencia del concreto

La resistencia del concreto es la capacidad que tiene este material para soportar esfuerzos sin fallar, siendo la resistencia a compresión la más relevante en la ingeniería civil. Se mide en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o megapascales (MPa), y depende de factores como la relación agua/cemento, la calidad de los materiales, el curado y el tiempo de endurecimiento (Neville, 2013).

2.3.9. Trabajabilidad

La trabajabilidad es la facilidad con la que una mezcla de concreto puede ser mezclada, transportada, colocada y compactada sin segregarse ni perder homogeneidad. Esta propiedad influye directamente en la calidad de la colocación del concreto y depende de factores como la cantidad de agua, la forma y granulometría de los agregados, el uso de aditivos y la temperatura (Mindess et al., 2003; Neville, 2013).

2.3.10. Temperatura del concreto

La temperatura en el concreto se refiere a la condición térmica de la mezcla, ya sea en estado fresco o durante el fraguado y curado. Es un factor crítico que influye en la velocidad de hidratación del cemento, el tiempo de fraguado, la resistencia mecánica y

la durabilidad. Temperaturas extremas (altas o bajas) pueden afectar negativamente el desempeño del concreto si no se controla adecuadamente (Neville, 2013).

2.3.11. Viabilidad económica

La viabilidad económica se refiere a la capacidad de un proyecto, producto o actividad para ser financieramente rentable y sostenible en el tiempo. Implica evaluar si los costos de inversión, operación y mantenimiento pueden ser cubiertos y compensados por los ingresos o beneficios generados. En estudios de ingeniería o construcción, este análisis determina si una propuesta es económicamente justificable antes de su ejecución (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008).

2.3.12. Viabilidad técnica

La viabilidad técnica es la evaluación de si un proyecto o propuesta puede llevarse a cabo con los recursos técnicos, materiales, humanos y tecnológicos disponibles. Analiza si existen las capacidades y condiciones necesarias (equipos, tecnología, conocimientos) para ejecutar correctamente el proyecto, garantizar su funcionamiento, y alcanzar los objetivos planteados. Es fundamental en estudios de preinversión y planificación de proyectos (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

El tipo de investigación a realizar es de carácter aplicada, ya que propone una solución a una problemática recurrente en el sector construcción: el vencimiento del cemento. Para ello, se evaluará el uso de aditivos plastificantes como una alternativa técnica y accesible que permita reutilizar este material. Esta propuesta no solo contribuiría a reducir pérdidas económicas, sino que también tendría un impacto ambiental positivo en obras paralizadas en la ciudad de Tacna.

El nivel de investigación es básico y el diseño experimental ya que en la investigación se busca intervenir un fenómeno problemático para darle una solución técnica mediante la manipulación de una variable independiente (aditivos) para obtener un resultado en la variable dependiente (propiedades físico-mecánicas del concreto).

3.2. Acciones y actividades

Para el desarrollo de la investigación se realizarán la siguiente secuencia de acciones y actividades:

- Revisión exploratoria e investigación de obras locales paralizadas, a fin de identificar casos en los que la reutilización de materiales como el cemento vencido podría representar una alternativa técnica y económica viable.
- Selección de la muestra representativa de cemento Portland tipo MS vencido (7 y 9 meses de antigüedad), así como la muestra patrón con cemento en condiciones óptimas de uso.
- Selección de los aditivos plastificantes a utilizar, considerando su composición química, clasificación (tipo F según la norma ASTM C494) y propiedades. Se trabajará con las marcas Sikaplast 1150 y Ecoplast WG 9600.
- Diseño de mezcla de concreto mediante el método ACI, aplicable a la muestra patrón (cemento dentro de su periodo de vida útil).
- Elaboración de probetas de la muestra patrón, utilizando cemento Portland tipo MS dentro de su vida útil. Se evaluarán sus propiedades en estado fresco (asentamiento, trabajabilidad) y en estado endurecido (resistencia a compresión) a los 7, 14 y 28 días de curado.
- Fabricación de probetas con cemento Portland tipo MS caducado, con 7 y 9 meses de antigüedad, sin aditivos. Se evaluarán sus propiedades en estado fresco y endurecido a los 7, 14 y 28 días.

- Fabricación de probetas con cemento caducado (7 y 9 meses) y adición de aditivos plastificantes Sikaplast 1150 y Ecoplast WG 9600, evaluando sus propiedades en estado fresco y endurecido a los mismos intervalos (7, 14 y 28 días).
- Determinación y análisis de la variación en las propiedades físico-mecánicas entre la muestra patrón (cemento dentro de su periodo de vida útil) y las mezclas con cemento caducado de 7 y 9 meses de antigüedad sin aditivos.
- Comparación del desempeño de los dos aditivos plastificantes en mezclas con cemento vencido, diferenciando entre los efectos obtenidos a los 7 y 9 meses de vencimiento.
- Evaluación de la viabilidad económica de utilizar cemento Portland tipo MS caducado con aditivos plastificantes frente al concreto convencional, considerando costos de materiales, impacto en la resistencia, y ahorro potencial en obras paralizadas.

3.3. Materiales e instrumentos

3.3.1. Materiales

- Cemento Portland tipo MS
- Cemento Portland tipo MS caducado con 7 meses de antigüedad
- Cemento Portland tipo MS caducado con 9 meses de antigüedad
- Aditivo plastificante EcoPlast WG 9600
- Aditivo plastificante SikaPlast 1150
- Agregado Sinticala de la cantera Arunta
- Petróleo

3.4. Población y muestra de estudio

La población está compuesta por el concreto fabricado con el cemento caducado con y sin aditivo.

La muestra será de 63 testigos teniendo en cuenta que las probetas de concreto serán evaluadas a las edades de 7, 14 y 28 días y para cada diseño de estudio se realizarán 3 probetas tomando en consideración la norma NTP 339.183-2013 que indica la fabricación de 3 a más especímenes para el ensayo en cada edad y condiciones de prueba. (Indecopi, 2013).

En la tabla 1, se indican el total de mezclas a ensayar, que en este caso serán 7, para cada una se realizaran 9 probetas, obteniendo el total de 63 testigos, que nos permitirá la evaluación efectiva del concreto elaborado con cemento vencido.

Tabla 1

Diseños de mezcla a ensayar

N° de mezcla	Descripción
1	Cemento Portland tipo MS dentro de su periodo de vida útil
2	Cemento Portland tipo MS caducado con 7 meses de antigüedad
3	Cemento Portland tipo MS caducado con 9 meses de antigüedad
4	Cemento caducado con 7 meses de antigüedad más aditivo superplastificante Sikaplast 1050.
5	Cemento caducado con 9 meses de antigüedad más aditivo superplastificante Sikaplast 1050.
6	Cemento caducado con 7 meses de antigüedad más aditivo superplastificante EcoPlast WG 9600
7	Cemento caducado con 9 meses de antigüedad más aditivo superplastificante EcoPlast WG 9600

A causa de la problemática ocurrida en la elaboración de las muestras 4, 5, 6 y 7, que se explica a profundidad en el capítulo IV de resultados, se procedió a plantear dos muestras alternativas que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Diseños de mezcla alternativas

N° de mezclas alternativa	Descripción
4	Cemento caducado con 7 meses de antigüedad más aditivo superplastificante Sikaplast 1050.
5	Cemento caducado con 9 meses de antigüedad más aditivo superplastificante Sikaplast 1050.

3.5. Operacionalización de variables

En la tabla 3 se muestra la operacionalización de variables de investigación, así mismo en el anexo 1, se complementa con la matriz de consistencia.

Tabla 3*Operacionalización de variables de investigación*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Variable independiente: Aditivos	Son sustancias químicas o minerales que se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla de concreto para modificar sus propiedades físicas o químicas, con el objetivo de mejorar la trabajabilidad, acelerar o retardar el fraguado, aumentar la resistencia o mejorar la durabilidad del material (Neville, 2012; American Concrete Institute, 2016).	Composición química del aditivo	lignosulfonatos Contenido de sólidos totales Contenido de cloruros pH del aditivo:	De porcentaje	Normativa técnica: ASTM C-494
	la trabajabilidad, acelerar o retardar el fraguado, aumentar la resistencia o mejorar la durabilidad del material (Neville, 2012; American Concrete Institute, 2016).	Dosis de aditivo	En porcentaje Por peso	%peso ml/kg	Normativa técnica: ASTM C-494
Variable dependiente: Propiedades físico mecánicas del concreto	Las propiedades físico-mecánicas del concreto son las características que describen su comportamiento y resistencia frente a cargas y condiciones ambientales, como la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y durabilidad. Estas propiedades determinan la calidad y desempeño del concreto en las estructuras (Neville, 2012; American Concrete Institute, 2016).	Estado fresco	Densidad del concreto Temperatura del concreto Contenido de aire	Prueba de asentamiento Medición en grados Celsius (°C) Razón en porcentaje	Ensayo de análisis de laboratorio
Variable dependiente Z	Conceptualice o defina la variable dependiente Z incluya de ser necesario la fuente	Estado endurecido	Resistencia del concreto a la compresión	Esfuerzo de resistencia a la compresión	Ensayo de análisis de laboratorio

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En la presente investigación se tuvo como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto con una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con cemento vencido de 7 y 9 meses de antigüedad, y analizar el efecto de la incorporación de dos aditivos superplastificantes para la mejora de dichas propiedades. Para el desarrollo del estudio se realizó el diseño de mezcla mediante la metodología del ACI, elaborándose nueve probetas por muestra, para la rotura de tres especímenes en los períodos de curado de 7, 14 y 28 días. En el estado fresco se efectuaron los ensayos de temperatura y consistencia, mientras que en el estado endurecido se evaluó la resistencia a la compresión.

Durante la elaboración de las muestras y la ejecución de los ensayos, se presentaron dificultades significativas en las muestras 4, 5, 6 y 7, elaboradas con cemento vencido y la incorporación de dos aditivos superplastificantes. Estas mezclas presentaron segregación inmediata y una consistencia con muy baja trabajabilidad, lo que imposibilitó su correcta compactación y, por tanto, la realización de los ensayos posteriores. Debido a estas limitaciones, se planteó la elaboración de dos muestras adicionales con un diseño de mezcla alternativo. En esta sección se detalla el procedimiento de elaboración de la muestra 4 y el resultado del ensayo de consistencia, así como los problemas observados y los resultados obtenidos en las dos muestras alternativas propuestas.

4.1. Diseño de mezcla

4.1.1. Diseño de mezcla basado en el Método ACI

Se realizaron ensayos para los agregados a través del Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfaltos E.I.R.L., se obtuvieron los datos para realizar el diseño de mezcla. Es por ello, que se presenta la tabla 4, la cual muestra el resumen con los datos obtenidos en los ensayos.

Tabla 4

Resumen de los ensayos para agregados

Tipo de agregado	Contenido de humedad (%)	Peso unitario (kg/		Peso específico y absorción		Granulometría	
		Suelto (g/cc)	Compacto (g/cc)	P.E (g/cm3)	Absorción (%)	Módulo de fineza	Tamaño máximo nominal
Agregado Fino	2,89%	1,538	1,767	2,777	1,011%	2,78%	N°50
Agregado Grueso	0,22%	1,564	1,814	2,565	0,80%	6,78%	0.5"

A continuación, se llevó a cabo el diseño de la mezcla siguiendo la metodología propuesta por el ACI (American Concrete Institute).

a. Resistencia de diseño (F'_{cr})

Para hallar los valores de F'_{cr} se tiene la ecuación 2 y 3, siendo el mayor valor el utilizado para el desarrollo del diseño de mezcla.

$$F_{cr1} = F'_c + 1,34 * S \quad (2)$$

$$F_{cr2} = F'_c + 2,33 * S - 35 \quad (3)$$

Donde:

F'_c = Resistencia específica

S= Desviación estándar.

- F'_c = 210 kg/cm²
- S= 20

Se desarrollan las ecuaciones 2 y 3 para encontrar el valor de f'_{cr}

$$F_{cr1} = 210 + 1,34 * 20$$

$$F_{cr1} = 237$$

$$F_{cr2} = 210 + 2,33 * 20 - 35$$

$$F_{cr1} = 222$$

La normativa ACI indica que se debe seleccionar el mayor valor de F_{cr} , por lo tanto:

$$F_{cr} = 237$$

b. Paso 02: TMN

Del análisis granulométrico del agregado grueso se obtuvo un tamaño nominal del agregado grueso de:

$$\text{TMN} = 0.5''$$

c. Paso 03: Asentamiento

Se considero un diseño con una consistencia plástica. En la tabla 5 se muestra la relación de consistencia, tolerancia y asentamiento en pulgadas y centímetros.

Tabla 5

Consistencia y asentamiento del concreto

Consistencia			
Consistencia	Asentamiento (pulg)	Tolerancia	Asentamiento (cm)
Seca	1'' a 2''	0	0 a 5 cm
Plástica	3'' a 4''	+/-1	7,5 a 10 cm
Fluida	6'' a 7''	+/-1	15 a 17,5 cm

Por lo tanto, para la consistencia plástica seleccionada:

$$\text{Asentamiento} = 3'' - 4''$$

d. Paso 04: Volumen unitario

Se realizó la interpolación de la tabla 6 seleccionando el valor del asentamiento de 3''-4'' y el TMN de 0.5'', para este diseño se utilizó un concreto sin aire incorporado, así hallamos el volumen unitario del agua.

Tabla 6

Tabla para obtener el volumen unitario del agua

Agua, en kg/m³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamiento indicado									
Asentamiento	9,5	12,7	19,0	25,4	38,0	50,8	76,0	152,0	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	0,375''	0,5''	0,75''	1''	1,5''	2''	3''	6''	
(cm)	(pulg)	Concreto sin aire incorporado							
0 a 5 cm	1'' a 2''	207	199	190	179	166	154	130	113

7,5 a 10 cm	3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17,5 cm	6" a 7"	243	226	216	202	190	178	160	----
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin inductor de aire en porcentaje									
(%)		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
(cm)	(pulg)	Concreto con aire incorporado							
0 a 5 cm	1" a 2 "	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 a 10 cm	3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
15 a 17,5 cm	6" a 7"	215	205	197	184	174	166	154	---
Promedio recomendado de contenido de aire en porcentajes									
(%)		8,0	7,0	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0

Volumen unitario = 216 lt

e. Paso 05: Contenido de aire

Se considero la tabla 7, de contenido de aire atrapado teniendo en cuenta el tamaño nominal de agregado grueso

Tabla 7

Contenido de aire de acuerdo al tamaño máximo nominal

Contenido de aire atrapado	
TMN	Aire Atrapado
0,375	3
0,5	2,5
0,75	2
1"	1,5
1.5"	1
2"	0,5
3"	0,3
6"	0,2

Contenido de aire = 2,5 %

f. Paso 06: Relación de agua y cemento

Se tomó en consideración la tabla 8 como referencia para el desarrollo del diseño en relación de agua – cemento considerando un concreto sin aire incorporado.

Tabla 8*Relación agua-cemento de acuerdo a la resistencia f'cr*

Relación agua - cemento por resistencia		
Resistencia a la compresión probable a los 28 días en kg/cm ² (fcr)	A/C en peso	
	C. sin aire incorporado	C. con aire incorporado
150	0.8	---
200	0.7	---
250	0,62	0,4
300	0,55	0,46
350	0,48	0,53
400	0,43	0,61
450	0,38	0,71

Se interpola el valor superior e inferior del f'cr obteniendo la siguiente relación agua cemento:

$$A/C = 0,641$$

g. Paso 07: Factor Cemento

La ecuación 4 se emplea para calcular el factor cemento, el parámetro que condiciona la resistencia es la proporción agua/cemento; es decir, el volumen de agua añadido en relación con la cantidad de cemento presente en la mezcla.

$$\text{Factor cemento: } \frac{\text{Vol. unitario}}{\text{Relacion } \frac{a}{c}} \quad \dots (4)$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{216}{0.641}$$

$$\text{Factor cemento} = 336.910 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

h. Paso 08: Contenido de agregado grueso

La tabla 9, permite hallar el volumen del agregado grueso para un volumen de concreto (1m³), considerando el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza.

Tabla 9

Volumen de agregado grueso por unidad de concreto

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto					
Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (mm)		Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto (b/bo), para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
		2,4	2,6	2,8	3
9.5	0,375"	0,5	0,48	0,46	0,44
12,7	0,5"	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,75"	0,66	0,64	0,62	0,6
25,4	1"	0,71	0,69	0,67	0,65
38	1,5"	0,76	0,74	0,72	0,7
50,8	2"	0,78	0,76	0,74	0,72
76	3"	0,81	0,79	0,77	0,75
152	6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Teniendo en cuenta que:

- TMN = 0,5"
- Módulo de fineza = 2,78

Procedemos a realizar la interpolación:

$$b/bo = 0,55$$

Por lo tanto, para hallar el contenido de agregado grueso se utiliza la ecuación 5, según el método ACI:

$$Con. Agr. g = \frac{b}{bo} * PUC(Ag fino) * 1000 \quad \dots (5)$$

$$Contenido de Ag. grueso = 890,93 \text{ kg/m}^3$$

i. Paso 09: Suma de volúmenes absolutos

Durante la ecuación 6, se emplea para hallar el volumen del contenido del cemento.

$$Vol. Cemento = \frac{Factor Cemento}{Peso específico del cemento * 1000} \quad \dots (6)$$

$$\text{Factor cemento} = 336.910 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Peso específico del cemento} = 2.7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Vol. Cemento} = 0.125 \text{ m}^3$$

La ecuación 7, nos permite hallar el volumen del contenido de agua.

$$\text{Agua} = \frac{\text{Vol unitario}}{\text{Peso específico del agua} * 1000} \quad \dots (7)$$

$$\text{Volumen unitario} = 216 \text{ lt}$$

$$\text{Peso específico del agua} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Vol. Agua} = 0.025 \text{ m}^3$$

Finalmente, con la ecuación 8, hallamos el volumen del agregado grueso del concreto.

$$\text{Vol. Agregado Grueso} = \frac{\text{Contenido de ag. grueso}}{\text{Peso específico} * 1000} \quad \dots (8)$$

$$\text{Contenido de ag. grueso} = 890,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso específico} = 2,565 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Vol. Ag. grueso} = 0.347 \text{ m}^3$$

Entonces tendremos la suma de los volúmenes conocidos de cemento, agua y agregado grueso con la ecuación 9.

$$\text{Suma de volúmenes} = \text{Vol. cemento} + \text{Vol. Agua} + \text{Vol. Ag. grueso} \quad \dots (9)$$

$$\text{Suma de volúmenes} = 0,713 \text{ m}^3$$

j. Paso 10: Peso seco del Ag. Fino

Primero determinamos el volumen del agregado fino en la ecuación 10.

$$\text{Volumen absoluto} = 1 - \text{suma de volúmenes conocidos} \quad \dots (10)$$

$$\text{Volumenes conocidos} = 0.713 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto} = 0.287 \text{ m}^3$$

Posteriormente realizamos la ecuación 11 para determinar el peso seco del agregado fino.

$$\text{Peso seco del agregado fino} = \text{Vol} * \text{Peso especifico} * 1000 \quad \dots (11)$$

$$\text{Vol} = 0.287 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso especifico} = 2.77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Peso seco del ag. fino} = 794,65 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

k. Paso 11: Determinación de los valores

$$\text{Cemento} = 336,91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} = 216,00 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Ag. grueso} = 890,93 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Ag. fino} = 794,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

I. Paso 12: Corrección de los valores de diseño

$$\text{Ag. grueso} = 890,93 * \frac{(1 + 0,22)}{100}$$

$$\text{Ag. grueso} = 892,89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Ag. fino} = 794,65 * \frac{(1 + 2,89)}{100}$$

$$\text{Ag. fino} = 817,62 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Procedemos a determinar la humedad superficial de ambos agregados con la ecuación 12 y 13, respectivamente.

$$\text{Ag. grueso} = \text{humedad} - \text{absorción} \quad \dots (12)$$

$$\text{Humedad} = 0,22\%$$

$$\text{Absorción} = 0,8\%$$

$$\text{Ag. grueso} = -0,58\%$$

$$\text{Ag. fino} = \text{humedad} - \text{absorción} \quad \dots (13)$$

$$\text{Humedad} = 2,89 \%$$

$$\text{Absorción} = 1,01 \%$$

$$\text{Ag. fino} = 1,88 \%$$

Con los datos previamente obtenidos mediante las ecuaciones 12 y 13, hallamos la humedad superficial con la ecuación 14.

$$\begin{aligned} \text{Humedad superficial} &= \text{Ag. fino} + \text{Ag. grueso} && \dots (14) \\ \text{Humedad superficial} &= 1,3\% \end{aligned}$$

Por consecuencia tenemos el aporte de humedad por agregado grueso y agregado fino según la ecuación 15.

$$\begin{aligned} \text{Agregado} &= \text{Peso} * \left(\frac{\text{Humedad superficial del ag.}}{100} \right) && \dots (15) \\ \text{Ag. grueso} &= 890,93 * \left(\frac{-0,58}{100} \right) \\ \text{Ag. grueso} &= -5,17 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \\ \text{Ag. fino} &= 794 * \left(\frac{1,88}{100} \right) \\ \text{Ag. fino} &= 14,94 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \\ \text{Humedad superficial total} &= -5,17 + 14,94 \\ \text{Humedad superficial total} &= 9,77 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

Finalmente obtuvimos el agua efectiva a partir de la ecuación 16

$$\begin{aligned} \text{Agua efectiva} &= \text{Agua} - \text{Humedad superficial total} && \dots (16) \\ \text{Agua efectiva} &= 216 - 9,77 \\ \text{Agua efectiva} &= 206,23 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

m. Paso 13: Pesos corregidos

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 336,91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \text{Agua efectiva} &= 206,23 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \\ \text{Ag. grueso} &= 892,89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \text{Ag. fino} &= 817,62 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

n. Paso 14: Dosificación

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 1 \\ \text{Agua efectiva} &= 0,612 \\ \text{Ag. grueso} &= 2,650 \\ \text{Ag. fino} &= 2,427 \end{aligned}$$

o. Resultado de dosificación para el diseño patrón

En la tabla 10, se muestran los volúmenes y peso de los materiales considerando el peso absoluto, corrección por humedad y absorción y el aporte de humedad.

Tabla 10

Volumen y peso de los materiales

Volumen y peso de los materiales					
Material	Volúmenes Absolutos (Seco) (Kg)	Peso absoluto (Seco) (Kg)	Corrección por Humedad (kg)	Corrección por Absorción (%)	Aporte Humedad – Absorción (m3)
Cemento	0,125	336,91			
Agua	0,216	216,00			
Agr. Grueso	0,347	890,93	892,89	-0,01	-5,18
Agr. Fino	0,287	794,65	817,62	0,02	15,37
Aire	0,025	-			

En la tabla 11 se tienen los resultados finales de la dosificación para la muestra patrón con una resistencia específica de $f'c=210$ kg/cm².

Tabla 11

Diseño de mezcla de concreto

Materiales	1 m3		1 bolsa de cemento		Pesos utilizados para los ensayos
	Peso(kg)	Dosificación	Peso (kg)	Dosificación	Peso (kg)
Agr Grueso	892,89	52,20 %	112,63	2,65	18,838
Agr Fino	817,62	47,80 %	103,14	2,43	20,572
Cemento	336,91	7,93 Bols	42,50	1,00	7,762
Agua	205,81	205,81 Lts	25,96	25,96 Lts	4,751

Se realizó la dosificación para las muestras 4, 5, 6 y 7 con incorporación de aditivo superplastificante al 2,5% y al 2%, valores que se encuentran dentro del rango indicado por las fichas técnicas de los mismos.

Tabla 12

Diseño de mezcla de concreto para muestras 4, 5, 6 y 7 con incorporación de aditivo superplastificante

Materiales	1 m3		1 bolsa de cemento		Pesos utilizados para los ensayos
	Peso(kg)	Dosificación	Peso (kg)	Dosificación	Peso (kg)
Agr Grueso	892,89	52,20 %	112,63	2,65	18,838
Agr Fino	817,62	47,80 %	103,14	2,43	20,572
Cemento	336,91	7,93 Bls	42,50	1,00	7,762
Agua	205,81	205,81 Lts	25,96	25,96 Lts	4,751
<u>Aditivo AL 2,5% (según ficha técnica)</u>					
EcoPlast WG 9600	8,42	7,66 Lts	1,063	0,97 Lts	0,194 Lts
<u>Aditivo AL 2,0% (según ficha técnica)</u>					
SikaPlast 1150	6,74	6,13 Lts	0,850	0,77 Lts	0,155 Lts

A causa de la segregación de las muestras 4, 5, 6 y 7, se elaboró un diseño de mezcla utilizando cemento dentro de su vida útil al 10% y la adición de aditivo superplastificante al 1%, a continuación de indican las dosificaciones utilizadas para las muestras.

Tabla 13

Diseño de mezcla de concreto para muestras alternativas 4 y 5 con incorporación de cemento dentro de su vida útil y aditivo superplastificante

Materiales	1 m3		1 bolsa de cemento		Utilizado en los ensayos
	Peso (kg)	Dosificación	Peso (kg)	Dosificación (pie3)	Peso (kg)
Agr Grueso	892,89	52,20 %	112,63	2,65	18,838
Agr Fino	817,62	47,80 %	103,14	2,43	20,572
Cemento Vencido	302,22	7,11 Bls	42,50	1,00	6,986
Cemento Activo	33,69	0,79 Bls	42,50	1,00	0,776
Agua	205,81	205,81 Lts	25,96	25,96 Lts	4,751
<u>Aditivo AL 1%</u>					
SikaPlast 1150	3,37	3,06 Lts	0,425	0,39 Lts	0,078

4.2. Elaboración de mezcla y ensayos del concreto en estado fresco

Para la elaboración de la mezcla se siguieron las pautas de la normativa NTP 339.183 “Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.”

Para las 5 muestras determinadas para esta investigación, se realizaron los ensayos de consistencia y temperatura del concreto en estado fresco y la rotura de testigos para el ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

4.2.1. Preparación de materiales y equipos

En la figura 3 se observa la preparación de la balanza para el pesaje de agregados, agua y cemento para la elaboración de las mezclas

Figura 3

Balanza con precisión de 1g.



Acorde a la normativa se utilizó una mezcladora con tambor giratorio la cual se observa en la figura 4 cuya capacidad es de 210 lt, se hizo la preparación respectiva asegurando una correcta limpieza y humedecimiento previo a la mezcla de materiales.

Figura 4

Tambor giratorio de 210 lt de capacidad



En la figura 5 se observa que se hizo el pesaje del agregado grueso de acuerdo al requerimiento del diseño de mezcla que indica un valor de 20,572 kg.

Figura 5

Pesaje del agregado grueso



De igual manera se pesó el agregado fino, como se observa en la figura 6, acorde al requerimiento del diseño de mezcla que indica un valor de 18,898 kg.

Figura 6

Pesaje del agregado fino



En el diseño de mezcla se calculó una cantidad de 4,750 lt. de agua la cual se pesó como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Pesaje del agua para la mezcla



Finalmente se hizo el pesaje del cemento que corresponde a 7,761 kg como se observa en la figura 8.

Figura 8

Pesaje del cemento



En la figura 9 se observa que se hizo la dosificación del aditivo Sikaplast 1050 y EcoPlast WG 9600 para las mezclas 4, 5, 6 y 7

Figura 9

Dosificación del aditivo



4.2.2. Elaboración de mezcla y ensayos en estado fresco

4.2.2.1. Elaboración de la mezcla

a. Muestras 1, 2 y 3

Para la elaboración de la primera mezcla con cemento dentro de su vida útil, también denominado como muestra patrón, se siguieron las recomendaciones de la norma NTP 339.183, añadiendo primero el agregado grueso con un porcentaje de agua, y luego el agregado fino, el cemento y el agua sobrante respectivamente.

Se hizo la combinación de los materiales en la mezcladora, cuidando que no queden elementos pegados en las paredes y que se integren correctamente como se muestra en la figura 10.

Figura 10

Adición del cemento en el tambor mezclador



En la figura 11 se observa que se hizo la integración de los componentes durante el tiempo indicado por la norma y procurando que no queden elementos pegados en las paredes

Figura 11

Integración de los componentes del concreto



Para el traslado de los elementos se vació la mezcla en una carretilla previamente humedecida, en la cual se hizo un remezclado con el cucharón para evitar la segregación, como indica la norma.

b. Mezcla de concreto para la muestra 4, 5, 6 y 7

Para las mezclas de concreto con adición de aditivo superplastificante, se inició colocando el agregado grueso con un porcentaje de agua y a continuación los demás componentes de la mezcla, entre ellos los aditivos superplastificantes en un porcentaje de 2,5% como se observa en la figura 12.

Figura 12

Colocación de aditivo superplastificante



Una vez culminado el proceso de mezclado se procedió a hacer el vaciado de la mezcla en la carretilla previamente humedecida como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Mezcla segregada del concreto



Para trabajar el concreto se intentó hacer el mezclado correspondiente para homogeneizar, sin embargo, se observó que la muestra presentaba segregación y tenía una consistencia difícilmente trabajable.

4.2.2.2. Ensayo de temperatura

Los ensayos de temperatura se hicieron siguiendo las indicaciones de la norma NTP 339.184. Para los resultados se consideraron como aceptables aquellos dentro de los límites indicados, preferentemente entre 20°C y 30°C.

a. Muestra 1: Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS dentro de su periodo de vida útil

Posterior al mezclado, la muestra 1 se colocó en una carretilla previamente humedecida. Se colocó el termómetro en el concreto durante 2 minutos asegurando que el dispositivo este rodeado por lo menos de 75 mm o 3" de mezcla como indica la norma, finalmente se obtuvo una temperatura de 23,3 °C que se evidencia en la figura 14.

Figura 14

Medición de temperatura de la muestra 1



b. Muestra 2: Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS caducado de 7 meses de antigüedad

Para la muestra 2, se siguió el mismo procedimiento obteniendo una temperatura de $22,6 \text{ }^\circ\text{C}$ que se observa en la figura 15.

Figura 15

Medición de temperatura de la muestra 2



c. Muestra 3: Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS caducado de 9 meses de antigüedad

Para la muestra 3, se siguió el procedimiento mencionado obteniendo una temperatura de $22,5 \text{ }^\circ\text{C}$ como se muestra en la figura 16.

Figura 16

Medición de temperatura de la muestra 3



d. Muestra 4: Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS caducado de 7 meses de antigüedad con incorporación de aditivo

Como se observa en la figura 17, se hizo la medición de la temperatura de la muestra 4 siendo el resultado una temperatura de $21,5^\circ\text{C}$.

Figura 17

Medición de temperatura de la muestra 4

**4.2.2.3. Ensayo de consistencia**

El ensayo de consistencia se hizo siguiendo las pautas de la norma NTP 339.035. A continuación, se describe el proceso para realizar el ensayo

a. **Muestra 1: Concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento Portland tipo MS dentro de su periodo de vida útil**

Previo humedecimiento del cono de Abrams, se colocó sobre una superficie nivelada de suficiente tamaño, como se observa en la figura 18, y se preparó la mezcla en la carretilla, para su posterior colocación.

Figura 18

Cono de Abrams



Se colocó el concreto en 3 capas. En la figura 19 se muestra el proceso de compactación de 25 golpes por cada capa de manera perimetral y luego espiral hacia el centro haciendo uso de la varilla de compactación

Figura 19

Varillado para compactación del concreto



Para la última capa se llenó el cono excediendo su límite y se procedió a hacer el enrasado con la barra compactadora como se ve en la figura 20. A su vez, se retiraron los restos que quedaron del procedimiento.

Figura 20

Enrasado superficial del cono de Abrams



Una vez hecha la limpieza se levantó el molde verticalmente y se hizo la medición del asentamiento colocando el cono con la parte superior hacia abajo y ubicando la varilla de compactación sobre el cono de manera que se use como referencia para la medición del asentamiento de la muestra. En la figura 21 se observa dicho procedimiento.

Figura 21

Medición del asentamiento de la muestra 1



b. Muestra 2: Concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento Portland tipo MS caducado de 7 meses de antigüedad

Para la segunda muestra, se repitió el mismo procedimiento colocando el cono de Abrams sobre una superficie nivelada y colocando el concreto en 3 capas, lo cual se observa en la figura 22.

Figura 22

Colocación del concreto en el cono de Abrams

En la figura 23 se observa que se hizo el procedimiento de varillado con 25 golpes para las 3 capas de la muestra.



Figura 23

Varillado del concreto correspondiente a la muestra 2



Finalmente se levantó el cono y se realizó el procedimiento para la medición del asentamiento, obteniendo 4" como se observa en la figura 24.

Figura 24

Medición del asentamiento de la muestra 2



c. Muestra 3: Concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento Portland tipo MS caducado de 7 meses de antigüedad

Para la tercera muestra se repitió el procedimiento, y se colocó el cono boca abajo para la medición correspondiente como se muestra en la figura 25.

Figura 25

Colocación del cono y varilla para la medición de asentamiento



En la figura 26 se observa que los resultados indicaron un asentamiento de 4" para la muestra 3.

Figura 26

Medición del asentamiento de la muestra 3



d. Muestras de concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento Portland tipo MS caducado y aditivo superplastificante

Las muestras originales previas al rediseño, presentaron problemas de segregación y trabajabilidad, lo que impidió su compactación y posterior elaboración de probetas. La temperatura se encontraba dentro del rango indicado por lo cual se atribuye la segregación a un posible problema en la dosificación. Posterior a la colocación de capas y el enrasado, se retiró el cono de Abrams, sin embargo, el concreto no presentó cohesión actuando como una mezcla fluida, que tuvo un asentamiento de 8" como se observa en la figura 27.

Figura 27

Medición del asentamiento de la muestra 4



4.3. Elaboración de probetas y curado

Las probetas se realizaron acorde a la normativa NTP 339.034, realizando un total de 9 probetas por cada muestra, estando prevista la rotura de 3 testigos por cada edad del concreto a evaluar (7, 14, 28 días). En esta etapa se realizaron las probetas de la muestra 1, 2 y 3 y de las muestras alternativas 5 y 6, cuyos resultados se detallan a continuación:

Una vez preparados los recipientes para la elaboración de las probetas, se procedió a colocar petróleo para facilitar el proceso de desmoldado del concreto.

Figura 28

Aplicación de gasolina como agente desmoldante en los moldes



A continuación, con el apoyo de un cucharón se colocó el concreto en los moldes, en dos capas como se ve en la figura 29.

Figura 29

Colocación de concreto en los moldes



En la figura 30 y 31 se observa que se realizó el proceso de varillado, dando 25 golpes para compactar las dos capas de concreto que se colocaron en cada molde.

Figura 30 y 31

Compactación en la primera y segunda capa de concreto



De igual manera, como se muestra en la figura 32, posterior a la colocación de ambas capas se dieron golpes a los moldes haciendo uso del martillo de goma con el fin de eliminar las burbujas de aire que pudieron formarse durante la colocación del concreto.

Figura 32

Aplicación de golpes perimetrales en los moldes



Se revisó que las probetas estuvieran llenas de la mezcla hasta la superficie superior para realizar el enrasado con la varilla compactadora como se observa en la figura 33.

Figura 33

Enrasado de probetas



En la figura 34 se observa el fraguado de las probetas 24 horas posterior a su vaciado

Figura 34

Probetas luego de 24 horas de fraguado desde su vaciado



El desmolde se hizo a las 24 horas de la elaboración de las probetas y posteriormente se sumergieron en agua, para el proceso de curado como se observa en las figuras 35 y 36.

Figura 35 y 36

Desmolde y colocación en agua para curado de las probetas



4.4. Rotura de las muestras 1, 2 y 3

Para la rotura, las muestras se extrajeron del agua horas antes del ensayo de resistencia a la compresión y se dejaron secar como se ve en la figura 37..

Figura 37

Extracción de las probetas previo a la rotura



Se hizo la medición del diámetro de la cara superior de cada testigo para el posterior cálculo de la resistencia a la compresión alcanzada como se ve en la figura 38.

Figura 38

Probetas para rotura a la edad de 7 días de la muestra 1, 2 y 3



4.4.1. Rotura de testigos de las muestras 1, 2 y 3 a la edad de 7 días

En las figuras 39 y 40 se muestra la prensa de compresión en funcionamiento durante el ensayo realizado para determinar la carga de falla, expresada en kN, de los testigos correspondientes a la muestra 1, 2 y 3 a la edad de 7 días.

Figura 39 y 40

Rotura de testigo de la muestra 1 a los 7 días y carga de



4.4.2. Rotura de testigos de las muestras 1, 2 y 3 a la edad de 14 días

En las figuras 41 y 42 se observa la prensa durante el ensayo de compresión realizado para determinar la carga de falla de los testigos correspondientes a la muestra 1,2 y 3 a la edad de 14 días.

Figura 41 y 42

Rotura de testigo de la muestra 2 a los 14 días y carga de falla



4.4.2. Rotura de testigos de las muestras 1,2 y 3 a la edad de 28 días

Se realizó el ensayo utilizando la prensa de compresión para los testigos de las muestras 1, 2 y 3 a la edad de 28 días, en la figura 43 y 44 se observa la rotura de un testigo de la muestra 1 a la edad de 28 días y su respectiva carga de falla en kN.

Figura 43 y 44

Rotura de testigo de la muestra 1 a los 28 días y carga de falla



4.5. Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5

4.5.1. Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5 a la edad de 7 días

Se realizó el ensayo de compresión para los testigos de las muestras alternativas 4 y 5 de 7 días como se observa en las figuras 45 y 46 que muestran la rotura de un testigo correspondiente a la muestra 5 a la edad de 7 días y su respectiva carga de falla en kN.

Figura 45 y 46

Rotura de testigo de la muestra 5 a los 7 días y carga de falla



4.5.2. Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5 a la edad de 14 días

Se realizó el ensayo de compresión a los testigos correspondientes a las muestras alternativas 4 y 5 a los 14 días de edad. En las Figuras 47 y 48 se presenta la rotura de un testigo de la muestra 4, así como la carga máxima de falla registrada, expresada en kN.

Figura 47 y 48

Rotura de testigo de la muestra 4 a los 14 días y carga de falla



4.5.3. Rotura de testigos de las muestras alternativas 4 y 5 a la edad de 28 días

Se efectuó el ensayo de compresión en los testigos correspondientes a las muestras alternativas 4 y 5 a los 28 días de curado. En las Figuras 49 y 50 se muestra la rotura de un testigo de la muestra 4, junto con la carga máxima de falla obtenida, expresada en kN.

Figura 49 y 50

Rotura de testigo de la muestra 4 a los 28 días y carga de falla



4.6. Resumen de resultados

4.6.1. Ensayo de temperatura

En la tabla 14 se presentan las temperaturas registradas durante los ensayos, así como las fechas de ejecución correspondientes. Se observa que, en todas las muestras, la temperatura se mantuvo dentro del rango de 20 a 30 °C, lo cual indica un adecuado desarrollo del calor de hidratación y, en consecuencia, un proceso de fraguado apropiado del concreto.

Tabla 14

Temperatura del concreto de la muestra 1, 2, 3, 4 y 5

N° de muestra	Fecha de ejecución	Temperatura en grados centígrados °C
Muestra 1	15-09-25	23,3
Muestra 2	15-09-25	22,6
Muestra 3	15-09-25	22,5
Muestra 4 (alternativa)	06-10-25	23,5
Muestra 5 (alternativa)	06-10-25	24,5

4.6.2. Ensayo de consistencia

En la tabla 15 se presentan los valores de asentamiento obtenidos durante los ensayos de cada muestra, junto con sus respectivas fechas de ejecución. Las muestras 1, 2 y 3 registraron un asentamiento de 4", valor que se encuentra dentro del rango correspondiente a la consistencia plástica considerada en el diseño de mezcla. Por otro lado, las muestras alternativas 4 y 5 alcanzaron un asentamiento de 6", incremento atribuible a la incorporación de superplastificante, manteniéndose igualmente dentro de un rango adecuado para las condiciones de diseño establecidas.

Tabla 15

Resultados de ensayo de consistencia para la muestra 1, 2, 3, 4 y 5

N° de muestra	Fecha de ejecución	Asentamiento	Consistencia
Muestra 1	15-09-25	4"	Plástica (3" – 4")
Muestra 2	15-09-25	4"	Plástica (3" – 4")
Muestra 3	15-09-25	4"	Plástica (3" – 4")
Muestra 4 (alternativa)	06-10-25	6"	Fluida (6"-7")
Muestra 5 (alternativa)	06-10-25	6"	Fluida (6"-7")

La prueba de consistencia realizada a todas las muestras tuvo un asentamiento de 4", valor que corresponde a la consistencia plástica establecida en el diseño de mezcla. Este nivel de consistencia garantiza una adecuada trabajabilidad del concreto en obra, permitiendo su colocación, compactación y acabado sin presentar segregación ni exudación excesiva.

4.6.3. Ensayo de resistencia a la compresión

En la tabla 16 se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión correspondientes a la muestra 1, incluyendo las fechas de elaboración y rotura, así como los demás parámetros registrados que permitieron determinar la resistencia en kg/cm² y su valor porcentual, con el fin de facilitar un análisis comparativo de los resultados obtenidos.

Tabla 16

Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra 1

N°	Fecha de ejecución	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm ²)	kN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia %
M1-1	15-09-25	22-09-25	7	78,56	124,25	161,28	76,80
M1-2	15-09-25	22-09-25	7	78,56	121,45	157,64	75,07
M1-3	15-09-25	22-09-25	7	77,32	121,57	160,34	76,35
M1-4	15-09-25	29-09-25	14	76,09	144,32	193,42	92,11
M1-5	15-09-25	29-09-25	14	78,56	158,21	205,36	97,79
M1-6	15-09-25	29-09-25	14	76,09	142,68	191,22	91,06
M1-7	15-09-25	13-10-25	28	78,56	172,63	224,08	106,70
M1-8	15-09-25	13-10-25	28	78,56	173,47	225,17	107,22
M1-9	15-09-25	13-10-25	28	78,56	166,53	216,16	102,93

Como se observa en la tabla 16, la muestra patrón alcanzo un promedio del 76% de su resistencia a los 7 días, un 94% a los 14 días y a los 28 días un total del 106%. La evolución de resistencia de la muestra patrón confirma un desarrollo mecánico acorde a lo esperado para el diseño de 210 kg/cm² y válido como referencia para la comparación con las probetas fabricadas con cemento caducado y aditivos superplastificantes.

A continuación, se presenta los resultados de resistencia a la compresión de la muestra 2 que se detalla en la tabla 17.

Tabla 17

Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra 2

N°	Fecha de ejecución	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm²)	kN	Resistencia kg/cm²	Resistencia %
M2-1	15-09-25	22-09-25	7	78,56	47,68	61,89	29,47
M2-2	15-09-25	22-09-25	7	77,32	49,36	65,10	31,00
M2-3	15-09-25	22-09-25	7	78,56	49,26	63,94	30,45
M2-4	15-09-25	29-09-25	14	76,09	71,32	95,59	45,52
M2-5	15-09-25	29-09-25	14	76,09	74,22	99,47	47,37
M2-6	15-09-25	29-09-25	14	78,56	70,18	91,09	43,38
M2-7	15-09-25	13-10-25	28	78,56	94,37	122,49	58,33
M2-8	15-09-25	13-10-25	28	78,56	83,66	108,59	51,71
M2-9	15-09-25	13-10-25	28	78,56	89,14	115,71	55,10

En la tabla 17 se detalla el comportamiento de la muestra 2, elaborada con cemento caducado de 7 meses de antigüedad. La resistencia alcanzada a los 7 días fue de 30%, a los 14 días, de 45% y la resistencia final alcanzo un 55%. Este porcentaje evidencia una caída significativa de la resistencia, deterioro de las propiedades de hidratación y pérdida de reactividad del concreto en condiciones de almacenamiento reales, demostrando que su uso sin correcciones no es apto para elementos estructurales.

En la tabla 18 se presentan los resultados de resistencia a la compresión de la muestra 3.

Tabla 18*Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra 3*

N°	Fecha de ejecución	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm ²)	kN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia %
M3-1	15-09-25	22-09-25	7	78,56	21,89	28,41	13,53
M3-2	15-09-25	22-09-25	7	78,56	20,31	26,36	12,55
M3-3	15-09-25	22-09-25	7	78,56	17,44	22,64	10,78
M3-4	15-09-25	29-09-25	14	78,56	40,06	52,00	24,76
M3-5	15-09-25	29-09-25	14	78,56	44,25	57,44	27,35
M3-6	15-09-25	29-09-25	14	78,56	47,60	61,79	29,42
M3-7	15-09-25	13-10-25	28	78,56	72,45	94,04	44,78
M3-8	15-09-25	13-10-25	28	78,56	63,92	82,97	39,51
M3-9	15-09-25	13-10-25	28	78,56	71,23	92,46	44,03

En la tabla 18, se observan los resultados de la muestra 3 elaborada con cemento vencido de 9 meses de antigüedad. A los 7 días este concreto alcanzó un 12.29%, a los 14 días, un 27.18% y su resistencia final fue de 42.77%. Los resultados muestran que por el tiempo prolongado de almacenamiento hubo un mayor deterioro de sus compuestos ocasionando que no se alcance la resistencia mínima requerida, volviendo la aplicación de esta muestra inviable.

En la tabla 19 se presentan los resultados de resistencia a la compresión de la muestra 4.

Tabla 19*Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra alternativa 4*

N°	Fecha de ejecución	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm ²)	kN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia %
M4-1	06-10-25	13-10-25	7	78,56	121,21	157,33	74,92
M4-2	06-10-25	13-10-25	7	78,56	124,88	162,10	77,19
M4-3	06-10-25	13-10-25	7	76,09	114,53	153,50	73,09
M4-4	06-10-25	20-10-25	14	78,56	149,26	193,74	92,26
M4-5	06-10-25	20-10-25	14	76,09	134,08	179,70	85,57
M4-6	06-10-25	20-10-25	14	78,56	133,90	173,80	82,76
M4-7	06-10-25	03-11-25	28	78,56	178,93	232,25	110,60
M4-8	06-10-25	03-11-25	28	78,56	190,87	247,75	117,98
M4-9	06-10-25	03-11-25	28	78,56	170,66	221,52	105,49

Se tienen los resultados de la muestra alternativa 4, elaborada con cemento caducado de 7 meses de antigüedad con un porcentaje de cemento y aditivo superplastificante. Esta muestra presenta una resistencia del 75% a los 7 días, 87% a los 14 días y una resistencia final de 111% que incluso supera los resultados de la muestra patrón. El comportamiento observado indica que esta dosificación presenta un desempeño mecánico adecuado, cumpliendo y superando la resistencia de diseño ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$). Los resultados sugieren que la incorporación de cemento vencido, cuando en combinación con cemento nuevo y aditivos superplastificantes, puede constituir una alternativa técnicamente viable, teniendo en cuenta la dosificación y las condiciones adecuadas de control y mezclado.

En la tabla 20 se presentan los resultados de resistencia a la compresión de la muestra 3.

Tabla 20

Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para la muestra alternativa 5

N°	Fecha de ejecución	Fecha de rotura	Edad (días)	Área (cm ²)	kN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia %
M5-1	06-10-25	13-10-25	7	78,56	99,54	129,20	61,53
M5-2	06-10-25	13-10-25	7	78,56	97,33	126,34	60,16
M5-3	06-10-25	13-10-25	7	78,56	100,69	130,70	62,24
M5-4	06-10-25	20-10-25	14	78,56	118,58	153,92	73,29
M5-5	06-10-25	20-10-25	14	76,09	118,31	158,56	75,51
M5-6	06-10-25	20-10-25	14	76,09	118,58	158,92	75,68
M5-7	06-10-25	03-11-25	28	78,56	153,28	198,96	94,74
M5-8	06-10-25	03-11-25	28	78,56	154,92	201,09	95,76
M5-9	06-10-25	03-11-25	28	78,56	135,9	176,40	84,00

Se tienen los resultados de la muestra 5, la resistencia a los 7 días alcanzó un 61%, a los 14 días un 75% y a los 28 días, la resistencia final que se obtuvo fue de 92%. El comportamiento de esta muestra supero con creces al de la muestra 3, sin embargo, la resistencia alcanzada no es suficiente para garantizar la viabilidad técnica de este diseño haciendo uso de cemento vencido de 9 meses.

En la tabla 21 se presentan un promedio de los resultados de resistencia a la compresión de todas las muestras y su valor porcentual correspondiente.

Tabla 21

Resistencia a la compresión promedio a los 28 días de las muestras 1, 2, 3, 4 y 5

N° de muestra	kN	Resistencia kg/cm² a los 28 días	Resistencia % a los 28 días
M1	170.88	221,80	105,62
M2	89.06	115,60	55,05
M3	69.20	89,82	42,77
M4 (alternativa)	180.15	233,84	111,35
M5 (alternativa)	148.03	192,15	91,50

4.7. Evaluación de viabilidad económica del uso de cemento vencido

En esta sección se llevó a cabo una comparación entre el proceso de elaboración del concreto tradicional y el de nuestro diseño propuesto, con el objetivo de evaluar su comportamiento en escenarios de obras paralizadas.

Con el fin de tener una visión más realista en la aplicación, consideramos evaluar un presupuesto convencional:

4.7.1. Escenario 1: Compra de material (cemento)

Este escenario se enfoca en las obras paralizadas que habían adquirido previamente el material cementante (cemento). En este contexto, se toma como referencia el presupuesto comercial asignado para la producción del concreto, con el fin de evaluar la viabilidad económica.

4.7.1.1. A.C.U:

La Tabla 22 muestra el análisis de precios unitarios de la mezcla de concreto con una resistencia específica de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, mediante el cual se obtuvo el costo unitario por metro cúbico (m^3) del material.

Tabla 22*Análisis de precios unitarios para un concreto con $f'c=210$ kg/cm²*

Sub Partida	concreto F'C=210 kg/cm ²					Rend:	12.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	Capataz	HH	0,200	0,1333	31,21	4,16	
47 00007	OPERARIO	HH	2,000	1,3333	28,37	37,83	
47 00008	oficial	HH	1,000	0,6667	22,30	14,87	
47 00009	peon	HH	10,000	6,6667	20,18	134,53	
						191,39	
Materiales							
04 00029	Arena Gruesa	M3		0,2950	40,00	11,80	
05 00099	Piedra chancada DE 1/2"	M3		0,3480	80,00	27,84	
21 08666	Cemento portland TIPO MS (42.5KG)	bls		7,9300	26,00	206,18	
34 11922	Gasolina regular	GLN		0,2130	14,49	3,09	
39 00002	Agua	M3		0,2060	14,00	2,88	
						251,90	
Equipo							
00 11444	Mezcladora de concreto de 11 p3, 15 hp	hm	1,000	0,6667	21,00	14,00	
37 00004	Herramientas manuales	%MO		3,0000	191,39	5,74	
49 00122	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	1,000	0,6667	13,00	8,67	
						28,41	
							1.70
						Costo unitario por m3	

4.7.2. Escenario 2: Reciclando material (cemento)

El objetivo principal es aprovechar las bolsas de cemento almacenadas en la obra que en otro escenario serían desechadas por haber superado su vida útil. Estas unidades se consideran inservibles para su uso convencional, debido al endurecimiento parcial del material y a la pérdida de sus propiedades de hidratación.

4.7.2.1. A.C.U.

La Tabla 23 presenta el análisis de precios unitarios de la mezcla de concreto con una resistencia específica de $f'c = 210$ kg/cm². En este APU se contempla el uso de cemento nuevo y cemento vencido, compensada también con la incorporación de un aditivo superplastificante, a partir de lo cual se determinó el costo unitario por metro cúbico (m³) del material.

Tabla 23

Análisis de precios unitarios para un concreto con f'c=210 kg/cm2 elaborado con cemento vencido

Sub Partida	Concreto F'C=210 KG/CM2				Rend:	12.0000
00001						m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00006	capataz	HH	0,200	0,1333	31,21	4.16
47 00007	operario	HH	2,000	1,3333	28,37	37.83
47 00008	oficial	HH	1,000	0,6667	22,30	14.87
47 00009	peon	HH	10,000	6,6667	20,18	134.53
						191.39
Materiales						
04 00029	Arena gruesa	M3		0,2950	40,00	11.80
05 00099	Piedra chancada de 1/2"	M3		0,3480	80,00	27.84
21 08666	Cemento portland tipo ms (42.5kg)	bls		0,7900	26,00	20.54
30 09285	Cemento Portland Tipo MS Vencido (42.5KG)	bsl		6,9860		-
34 11922	Gasolina regular	GLN		0,2130	14,49	3.09
39 00002	Agua	M3		0,2060	14,00	2.88
30 13022	Aditivo superplastificante Sikaplast 1150	M3		3,20	6,75	21.60
						87.75
Equipo						
00 11444	Mezcladora de concreto DE 11 p3, 15 hp	hm	1,000	0,6667	21,00	14.00
37 00004	Herramientas manuales	%MO		3,0000	191,39	5.74
49 00122	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	1,000	0,6667	13,00	8.67
						28.41
Costo unitario por m ³						307,55

Procedemos a presentar los precios unitarios previamente analizados. En consecuencia, los resultados se muestran en la Tabla 22 y la Tabla 23. Se evidencia que el presupuesto correspondiente a la aplicación de concreto reciclado en elementos estructurales es considerablemente menor en comparación con un presupuesto convencional, obteniéndose una diferencia económica de S/ 164,15 por metro cúbico de concreto, lo cual representa un ahorro significativo.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En este capítulo se llevó a cabo el análisis de las tablas, gráficos y resultados obtenidos en el Capítulo IV. Además, se examinó si la hipótesis general y las hipótesis específicas fueron validadas mediante los ensayos efectuados o, en caso contrario, deben ser consideradas nulas.

5.1. Contraste de hipótesis

5.1.1. Hipótesis General

La hipótesis general formulada en esta investigación sostiene que *“La incorporación de aditivos superplastificantes tiene un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado, en la ciudad de Tacna, 2025”*. Para verificar la hipótesis se llevaron a cabo los ensayos mencionados en el Capítulo IV para un concreto con resistencia de diseño de $f'c=210$ kg/cm² que es el valor común para elementos estructurales.

Para la evaluación de la hipótesis general, se elaboraron un total de siete muestras de concreto con una resistencia de diseño $f'c= 210$ kg/cm². Como se detalla en los resultados, se ejecutaron los ensayos correspondientes para las 3 primeras muestras, correspondientes al cemento dentro de su periodo de vigencia y al cemento caducado de 7 y 9 meses de antigüedad.

Respecto a los ensayos en estado fresco de temperatura y consistencia, las dos mezclas elaboradas con cemento caducado presentaron resultados similares a la muestra patrón, encontrándose dentro de los rangos establecidos por norma. En cuanto a la temperatura, estos resultados indican que el cemento caducado conserva una capacidad térmica de hidratación adecuada, permitiendo un correcto proceso de fraguado y garantizando la hidratación completa del cemento durante las primeras etapas. Asimismo, para la consistencia plástica definida en el diseño de mezcla, los resultados del ensayo de asentamiento (slump) mostraron un valor promedio de 4 pulgadas, correspondiente a una mezcla plástica y trabajable, adecuada para el colocado y compactado del concreto sin segregación o exudación excesiva.

En relación a los ensayos de resistencia a la compresión, los resultados obtenidos evidencian una disminución significativa de la resistencia mecánica en los concretos elaborados con cemento caducado. Las mezclas con cemento de 7 y 9 meses de antigüedad alcanzaron únicamente el 55% y 42%, respectivamente, de la resistencia

a la compresión de diseño ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$). Esta reducción se atribuye principalmente a la pérdida progresiva de la capacidad de hidratación del cemento, ocasionada por el almacenamiento prolongado y la exposición a condiciones de humedad ambiental, factores que promueven la prehidratación y carbonatación de los compuestos del Clinker, responsables del desarrollo de la resistencia del concreto.

Como se detalla en los resultados, las muestras 4, 5, 6 y 7, elaboradas con cemento caducado y la adición de dos aditivos plastificantes, presentaron segregación inmediata tras su mezclado. Durante la ejecución de los ensayos se observó un asentamiento de 8 pulgadas, correspondiente a una consistencia excesivamente fluida, que en apariencia podría considerarse trabajable, aunque en la práctica su manipulación resultó complicada. Se evidenció la formación de una capa superficial de pasta cementicia, mientras que en el fondo se acumuló una masa compacta de agregados finos y gruesos, generando una separación que dificultó el mezclado y homogenización del concreto. Este comportamiento indica una dosificación inadecuada de aditivos y una alteración en las propiedades cohesivas de la mezcla, probablemente asociada al deterioro de la capacidad de hidratación del cemento caducado y al efecto combinado de los aditivos.

En consecuencia, la hipótesis general no pudo verificarse. De manera empírica, se rechaza, puesto que el uso de aditivos superplastificantes, bajo las condiciones ensayadas, no logró mejorar el desempeño del concreto elaborado con cemento caducado.

5.1.2. Hipótesis específicas

5.1.2.1. Hipótesis Específica 1

“El uso de cemento Portland tipo MS caducado en la elaboración de un concreto con resistencia de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ provoca una disminución significativa en las propiedades físico-mecánicas del concreto, en comparación con una mezcla elaborada con cemento dentro de su periodo de vida útil.”

Los resultados obtenidos durante la etapa experimental respaldan esta hipótesis. Se observó que las mezclas elaboradas con cemento dentro de su periodo de vigencia presentaron un comportamiento óptimo en términos de trabajabilidad, asentamiento y resistencia a la compresión, cumpliendo con los valores esperados según el diseño base. En contraste, las mezclas elaboradas con cemento Portland tipo MS caducado, con 7 y 9 meses de antigüedad, evidenciaron una disminución significativa en dichas propiedades, registrando valores de asentamiento y resistencia

por debajo de los parámetros establecidos. Este comportamiento se explica por la pérdida progresiva de la capacidad de hidratación del cemento al exceder su periodo de vida útil. La exposición prolongada a la humedad ambiental genera la prehidratación y carbonatación parcial del clínker, reduciendo la disponibilidad de compuestos como el silicato tricálcico (C_3S) y el silicato dicálcico (C_2S), principales responsables del desarrollo de resistencia en el concreto. Dicho fenómeno ha sido documentado también por investigaciones previas, como las de López (2018) y Ramos y Paredes (2020), quienes reportaron pérdidas de resistencia de entre un 15 % y un 30 % en concretos elaborados con cementos vencidos. Asimismo, se comprobó que la temperatura del concreto fresco no presentó variaciones significativas entre las mezclas, lo que indica que la alteración de las propiedades físico-mecánicas no se debe a factores térmicos, sino al deterioro químico y físico del material cementante. Estos resultados concuerdan con estudios similares realizados por Santos (2019) y Villanueva (2021), quienes concluyeron que la caducidad del cemento afecta principalmente la resistencia y trabajabilidad, pero no la temperatura del concreto en estado fresco. En síntesis, los hallazgos experimentales confirman que el cemento Portland tipo MS, una vez vencido, pierde parte de su reactividad y capacidad de formar productos de hidratación resistentes, lo que se traduce en un concreto con menor cohesión, baja plasticidad y reducción significativa de la resistencia mecánica final.

5.1.2.2. Hipótesis Específica 2

La hipótesis específica 2 planteó que “la incorporación de dos aditivos superplastificantes en concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS caducado produce un efecto positivo en sus propiedades físico-mecánicas.”

Los resultados obtenidos no respaldan esta hipótesis. Las mezclas con aditivos superplastificantes no fueron aptas para ensayo debido a la falta total de cohesión, segregación inmediata y sobre fluidez, lo que impidió la fabricación de probetas. Esto confirma que, cuando el cemento ha perdido gran parte de su reactividad, los aditivos no pueden ejercer su efecto químico esperado. Investigaciones previas, como las de Flores (2019) y Gonzales y Vega (2021), coinciden en que la efectividad de los aditivos depende directamente del grado de reactividad del cemento; una vez caducado, este pierde la capacidad de interacción electroquímica necesaria para que el aditivo actúe adecuadamente sobre la mezcla.

Por tanto, la hipótesis específica 2 se rechaza empíricamente. No obstante, en una mezcla suplementaria elaborada con cemento parcialmente activo (90 % caducado + 10 % vigente) y la incorporación de aditivo superplastificante, se observó un

comportamiento significativamente superior, llegando incluso a alcanzar resistencias mayores que la mezcla patrón. Esto indica que los aditivos pueden ejercer un efecto positivo solo cuando existe una cantidad mínima de cemento con capacidad de hidratación, lo que reafirma la importancia del estado del material cementante. Estos resultados complementan los hallazgos de Mendoza (2020) y Rojas (2022), quienes reportaron efectos positivos al incorporar superplastificantes en concretos con materiales cementantes de baja reactividad o parcialmente deteriorados. En este sentido, se reconoce el potencial del uso controlado de aditivos para optimizar mezclas con componentes fuera de especificación, siempre que se mantenga un porcentaje mínimo de cemento en condiciones reactivas.

5.1.2.3. Hipótesis Específica 3

La hipótesis específica 3 propone que “evaluar si el uso de cemento Portland tipo MS caducado con la incorporación de dos aditivos superplastificantes, permite obtener un concreto con propiedades físico-mecánicas aceptables que lo conviertan en una alternativa técnica y económicamente viable frente al concreto elaborado con cemento en buen estado”

Aunque no fue posible validar la viabilidad técnica del concreto elaborado con cemento Portland tipo MS caducado y aditivo superplastificante, la evaluación económica realizada en la hipótesis alternativa ofrece evidencia significativa sobre el potencial económico. El análisis mostró que el uso de cemento caducado permite alcanzar un ahorro de S/ 164,15 por metro cúbico de concreto, una reducción considerable frente al costo del concreto producido con cemento en buen estado. Este resultado se alinea con lo que señala la literatura respecto a que la sustitución parcial o total de insumos tradicionales por materiales alternativos o de menor costo puede generar impactos económicos relevantes sin necesariamente comprometer el desempeño estructural cuando existe control de dosificación (Tam et al., 2020; Kurda, Silvestre & de Brito, 2018).

Diversos estudios han documentado que el costo del cemento representa uno de los componentes más significativos dentro del precio final del concreto. Según Tam et al. (2020), la reducción del costo del cemento mediante la incorporación de materiales alternativos puede disminuir hasta un 15–25 % del costo total por metro cúbico, dependiendo del tipo de sustitución y del mercado local. Aunque el presente estudio no emplea un sustituto tradicional sino cemento caducado, el principio económico es el mismo: cualquier reducción en el costo del aglutinante se traduce directamente en menores costos del concreto fresco.

CONCLUSIONES

Se concluye que, los resultados experimentales evidencian que, si bien el cemento caducado mantiene comportamientos aceptables en estado fresco como temperatura y consistencia dentro de los rangos normativos, su desempeño mecánico se ve severamente afectado, registrándose reducciones significativas de la resistencia a la compresión en función del tiempo de caducidad. Asimismo, la adición de superplastificantes en mezclas con cemento caducado no solo no compensó la pérdida de resistencia, sino que provocó fenómenos adversos como segregación, excesiva fluidez y falta de cohesión, afectando negativamente la trabajabilidad y homogeneidad del concreto. En consecuencia, se rechaza la hipótesis general planteada, confirmándose que el uso de aditivos superplastificantes, bajo las condiciones y dosificaciones ensayadas, no constituye una solución técnica viable para mejorar el desempeño físico-mecánico del concreto elaborado con cemento portland tipo MS caducado.

Los resultados experimentales evidenciaron reducciones en la trabajabilidad y, principalmente, en la resistencia a la compresión en los concretos elaborados con cemento vencido de 7 y 9 meses de antigüedad, confirmando que la caducidad del cemento afecta directamente su desempeño estructural. Asimismo, se determinó que dicha disminución no está asociada a variaciones térmicas en el concreto fresco, sino al deterioro químico y físico del cemento, originado por procesos de prehidratación y carbonatación del clínker durante el almacenamiento prolongado. En consecuencia, se acepta la Hipótesis Específica 1, corroborando que la pérdida de reactividad del cemento Portland tipo MS vencido compromete la calidad y resistencia final del concreto, limitando su uso en elementos estructurales que requieran cumplir con parámetros normativos de diseño.

La incorporación de dos aditivos superplastificantes al 1,5; 2 y 2,5% en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS caducado, no produce un efecto positivo en sus propiedades físico-mecánicas, debido a la pérdida significativa de la reactividad del material cementante. Los resultados experimentales evidenciaron falta de cohesión, segregación inmediata y sobrefluidez excesiva de las mezclas, lo que imposibilitó la fabricación de probetas y la evaluación de la resistencia mecánica, evidenciando que los aditivos no se desempeñan adecuadamente cuando el cemento ha perdido considerablemente su capacidad de hidratación. No obstante, mediante las

mezclas alternativas, se demostró que la incorporación de aditivos superplastificantes al 1% en mezclas elaboradas con cemento parcialmente activo (90 % caducado y 10 % vigente) mejora significativamente el comportamiento del concreto, alcanzando una resistencia promedio de 234 kg/cm², en caso del cemento caducado de 7 meses, superando incluso a la mezcla patrón. Este resultado evidencia que los aditivos ejercen un efecto favorable solo cuando el cemento tiene un porcentaje mínimo de capacidad efectiva de hidratación, resaltando la importancia de un control adecuado del estado del material cementante y de la dosificación de los aditivos. Estos hallazgos abren la posibilidad de futuras investigaciones orientadas al uso controlado de aditivos como estrategia de optimización en mezclas con materiales parcialmente deteriorados, siempre que se garantice un nivel mínimo de reactividad del cemento.

El uso de cemento Portland tipo MS caducado con la incorporación de dos aditivos superplastificantes no permite obtener un concreto con propiedades físico-mecánicas aceptables, por lo que no es una alternativa técnicamente viable. Los resultados experimentales evidenciaron que las mezclas evaluadas presentaron segregación, sobrefluidez y cohesión deficiente, incumpliendo los requisitos mínimos de desempeño estructural. En cuanto a la viabilidad económica, se elaboró un análisis de precios unitarios (APU) considerando las mezclas alternativas y su comparación con el uso de cemento vigente. Dicho análisis permitió identificar un potencial significativo de reducción de costos, evidenciándose un ahorro aproximado de S/ 164,15 por metro cúbico de concreto al emplear cemento caducado en lugar de cemento vigente. Este resultado confirma que el cemento es uno de los insumos con mayor incidencia en el costo total del concreto y que su sustitución por materiales de menor costo puede generar beneficios económicos relevantes. En consecuencia, la hipótesis específica 3 se rechaza parcialmente, dado que, si bien el uso de cemento caducado no resulta técnicamente viable bajo las condiciones evaluadas, sí presenta una ventaja económica considerable. Esto sugiere que el empleo de cemento caducado podría ser explorado únicamente en aplicaciones no estructurales o en mezclas controladas con un porcentaje mínimo de material cementante reactivo, siempre que se realicen estudios adicionales que garanticen un desempeño adecuado y seguro.

RECOMENDACIONES

A los investigadores de ingeniería civil, se sugiere que futuras investigaciones exploren la utilización de diferentes tipos de cemento, con el fin de evaluar su compatibilidad y comportamiento frente a porcentajes más elevados de aditivo superplastificante, lo cual podría mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto y ampliar la viabilidad técnica de su aplicación.

A las universidades y centros de investigación se recomienda fortalecer y ampliar, dentro de su malla curricular, la formación en métodos y técnicas para la elaboración de diferentes tipos de concreto, con el objetivo de fomentar la innovación y el desarrollo de soluciones constructivas más eficientes y sostenibles.

Se recomienda a las municipalidades y gobiernos locales fortalecer y ampliar su conocimiento sobre la utilización de materiales caducados en sistemas constructivos, con el fin de promover estrategias que permitan optimizar los presupuestos de obra y fomentar la eficiencia económica y sostenible en proyectos de infraestructura.

Para los profesionales del sector de la construcción, se sugiere considerar los resultados de esta investigación como una alternativa viable frente a suspensión temporal de proyectos, ya que presenta viabilidad económica y potencial técnico, contribuyendo a la continuidad de los proyectos y a la optimización de recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Tito, R. G., & Del Carpio Mutter, S. D. (2024). *Impacto de la adición de fibra de cáñamo en la durabilidad y resistencia del concreto, región Tacna, Tacna, Perú 2024* [Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/4024>
- Flores Calahulle, R. S., & Ponce Vizcarra, D. W. (2022). *Efecto del aditivo plastificante sobre el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento caducado Portland IP, Moquegua – 2022* (Tesis para optar el título profesional de ingeniería civil, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle). Repositorio institucional. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_7186d6acd129ba83c409772072d1db2
- INACAL. (2013). *NTP 339.184: Concreto – Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco*. Instituto Nacional de Calidad. <https://www.inacal.gob.pe>
- INACAL. (2013). *NTP 339.183: Concreto – Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. <https://www.inacal.gob.pe>
- INACAL. (2017). *NTP 339.080: Concreto. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión* (3.ª ed.). Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (2020). *NTP 334.082: Cementos. Cementos hidráulicos. Requisitos de desempeño* (5.ª ed.). Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (2018). *NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (3.ª ed., revisado 2018). Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (2021). *NTP 339.185: Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo* (3.ª ed.). Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (2016). *NTP 400.017: Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados* (3.ª ed., revisada 2016). Instituto Nacional de Calidad.

- INACAL. (2018). *NTP 400.022: Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino* (3.ª ed.). Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (2013, rev. 2018). *NTP 400.021: Agregados. Método de ensayo para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* (3.ª ed.). Instituto Nacional de Calidad.
- INFOBRAS. (2025). *Buscador de Obras Avanzadas | Contraloría Perú*. <https://infobras.contraloria.gob.pe/InfobrasWeb/Mapa/Index>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 339.034:2021 – Concreto: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *NTP 339.035:2016 – Concreto: Método normalizado para la determinación de la consistencia mediante el ensayo de asentamiento*. INACAL.
- León Consuegra, L., Torres Mojena, L. O., & Rodríguez García, C. (2020). *Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón*. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_7186d6acd129ba83c409772072d1db23.
- Lermen, R. T., Favaretto, P., Silva, R. de A., Hidalgo, G. E. N., Tubino, R. M. C., & Tiecher, F. (2019). *Effect of additives, cement type, and foam amount on the properties of foamed concrete developed with civil construction waste*. *Applied Sciences*, 9(15), Article 2998. <https://doi.org/10.3390/app9152998>.
- Mayanga Morales, A. A. (2018). *Evaluación de las propiedades del concreto con aditivos superplastificantes Chemament 400 y Sikaplast®-326 en estructuras especiales, Lambayeque* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5873>.
- Navas Gonzales, J. L., & Vicente Sullón, K. K. (2021). *Análisis y determinación del porcentaje óptimo de aditivo tipo A, para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, empleando cemento tipo I, en la ciudad de Pucallpa* [Trabajo de investigación, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU. <https://repositorio.unu.edu.pe/items/d264f697-ea2d-4fed-b2ee-ad0d8419ebf9>
- Ramos Villanueva, J. M., & Jiménez Lerma, J. D. (2025). *Reutilización del concreto proveniente de material demolido en el diseño de mezclas de concreto para la*

aplicación en canales – Tacna, 2024 [Tesis de Ingeniería civil, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/4227>

Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Virruet Paredes, R. E. (2022). *Análisis comparativo en el diseño de mezcla de concreto empleando aditivos superplastificantes e incorporadores de aire para evaluar la resistencia mecánica máxima del concreto autocompactante, Tacna 2022* [Tesis profesional, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional UNJBG. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/4339>

Yu, Y., Ge, Y., & Liu, P. (2019). Recycling of expired cement and aged supplementary cementitious materials based on close packing theory and space filling effect. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118064. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118064>

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de dos aditivos superplastificante en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado en la ciudad de Tacna?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto de dos aditivos superplastificantes en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado, en la ciudad de Tacna, 2025.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La incorporación de aditivos superplastificantes tiene un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² fabricado con cemento portland tipo MS caducado, en la ciudad de Tacna, 2025.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>- Aditivos superplastificantes</p>	<p>- Resistencia</p> <p>- Trabajabilidad</p> <p>- Temperatura</p> <p>- Contenido de aire</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>- Investigación básica</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>- Descriptivo</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Cuál es la variación entre las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con una mezcla patrón y una mezcla que utiliza cemento portland tipo MS caducado, con una resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm²?</p> <p>b. ¿En qué medida los dos aditivos</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Determinar la variación en las propiedades físico-mecánicas del concreto con resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm² al emplear cemento Portland tipo MS caducado, en comparación con una mezcla patrón elaborada con cemento dentro de su vida útil.</p> <p>c. Analizar las propiedades físico-mecánicas del concreto fabricado</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. El uso de cemento Portland tipo MS caducado en la elaboración de un concreto con resistencia de diseño $f'c = 210$ kg/cm² provoca una disminución significativa en las propiedades físico-mecánicas del concreto, en comparación con una mezcla elaborada con cemento dentro de su periodo de vida útil.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>- Propiedades físico-mecánicas del concreto</p> <p>Variable interviniente</p> <p>Diseño de mezcla Relación agua cemento</p>	<p>- Desempeño</p> <p>- Dosificación</p> <p>- Cumplimiento de normativa y costos</p>	<p>Diseño de investigación</p> <p>- Experimentales</p>

<p>superplastificantes tendrán un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland tipo MS caducado?</p> <p>c. ¿El uso de cemento Portland tipo MS caducado con la incorporación de aditivos superplastificantes, permite obtener un concreto con propiedades físico-mecánicas aceptables, constituyendo una alternativa técnica y económicamente viable frente al uso de cemento dentro de su vida útil?</p>	<p>con cemento Portland tipo MS caducado al incorporar dos aditivos superplastificantes.</p> <p>d. Evaluar si el uso de cemento Portland tipo MS caducado con la incorporación de aditivos superplastificantes, permite obtener un concreto con propiedades físico-mecánicas aceptables que lo conviertan en una alternativa técnica y económicamente viable frente al concreto elaborado con cemento en buen estado.</p>	<p>b. La incorporación de aditivos superplastificantes en concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Portland tipo MS caducado produce un efecto positivo en sus propiedades físico-mecánicas.</p> <p>c. El uso de cemento Portland tipo MS caducado, en combinación con aditivos superplastificantes para la elaboración de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, permite obtener propiedades físico-mecánicas aceptables, constituyéndose en una alternativa técnica y económicamente viable frente al concreto elaborado con cemento dentro de su vida útil.</p>			
---	---	---	--	--	--

ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

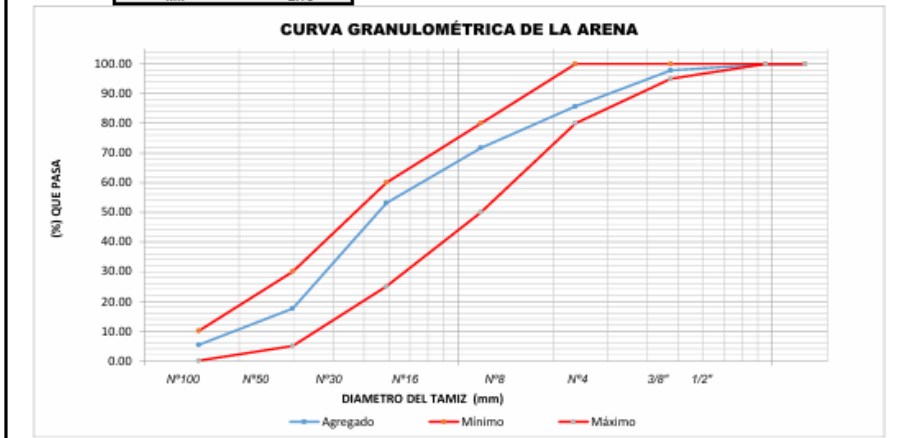
PROYECTO	: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO PC=210 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA 2025"	CERTIFICADO	: LAB. GyE-D.C.030-2025
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA	TIPO/COD. MUESTRA	: AGREGADO FINO
CANTERA	: HOSPICIO SINTICALA	APLICACIÓN	: CONCRETO
SOLICITA	: Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA Bach: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID	FECHA	: SEPTIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

NORMA: N.T.P. 400,012 / ASTM C-136

CANTERA	: HOSPICIO SINTICALA	MUESTRO	: ACOPIO EN CANTERA	MUESTRA	: M-1	FECHA DE:	Septiembre del 2025
----------------	----------------------	----------------	---------------------	----------------	-------	------------------	---------------------

GRANULOMETRIA						HUSO: Arena	
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MAXIMO	MINIMO
N° 4	4.75	73.00	3.52	3.52	96.48	100	95
N° 8	2.36	301.00	14.51	18.03	81.97	100	80
N° 16	1.18	388.00	18.71	36.74	63.26	80	50
N° 30	0.59	336.00	16.20	52.94	47.06	60	25
N° 50	0.297	495.00	23.87	76.81	23.19	30	5
N° 100	0.149	268.00	12.92	89.73	10.27	10	0
FONDO	0.000	213.00	10.27	100.00	0.00		
SUMA		2074.00	100.00				
M.F.=		2.78					



OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal del solicitante.
- 2.- Se realizó el ensayo granulométrico del agregado fino del acopio de Hospicio Sinticala
- 3.- El agregado fino en cuanto a Huso granulométrico será reajustado de acuerdo a las normas NTP

.....
NICOLAS YAGUNO YUCRA
 LABORATORISTA



.....
DANIEL ISAU TOLEDO PAREDES
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLAS TIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TAGNA 2025"

UBICACIÓN : PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA **CERTIFICADO** : LAB. GyE-D.C.030-2025

CANtera : HOSPICIO SINTICALA **TIPO/COD. MUESTRA** : AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA **APLICACIÓN** : CONCRETO

Bach: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID **FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2025

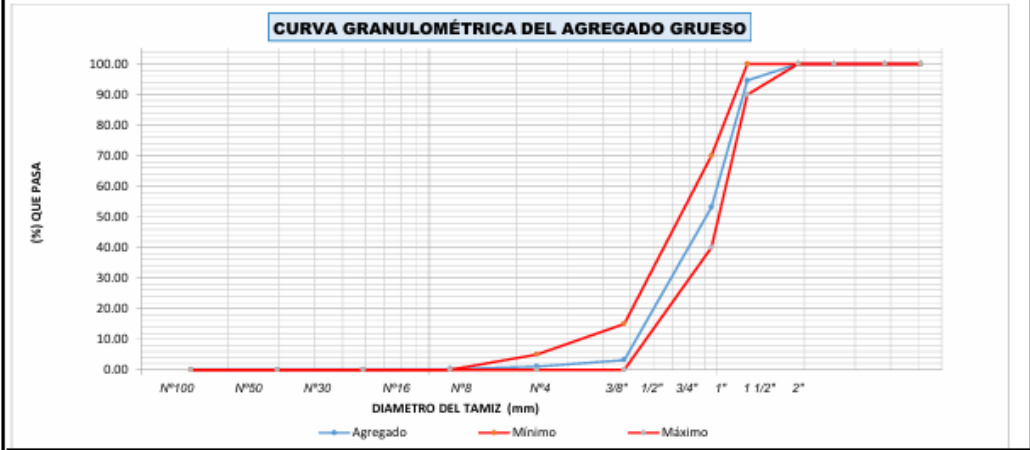
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO
NORMA: N.T.P. 400,012 / ASTM C-136

CANtera : HOSPICIO SINTICALA **FECHA DE ENSAYO** : Septiembre del 2025

MUESTREO : ACOPIO EN CANtera **MUESTRA** : M-2 **FECHA DE ENSAYO** : Septiembre del 2025

GRANULOMETRIA						HUSO : 67	
MALLA ASTM	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	MAXIMO	MINIMO
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.05	17.00	0.52	0.52	99.48	100	100
1/2"	12.70	150.00	4.55	5.07	94.93	100	90
3/8"	9.53	1740.00	52.78	57.84	42.16	70	40
Nº 4	4.75	1030.00	31.24	89.08	10.92	15	0
Nº 8	2.36	66.00	2.00	91.08	8.92	5	0
Nº 16	1.18	0.00	0.00	91.08	8.92	0	0
Nº 30	0.59	0.00	0.00	91.08	8.92	0	0
Nº 50	0.30	0.00	0.00	91.08	8.92	0	0
Nº 100	0.15	0.00	0.00	91.08	8.92	0	0
FONDO	0.00	147.00	4.46	95.54	4.46	0	0
TOTAL:		3150.00	100.00				

M.F= 6.98



OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal del solicitante.
- 2.- Se realizó el ensayo granulométrico del agregado grueso, de la Cantera Hospicio Sinticala

.....
NICOLAS YAGUNO YUCRA
LABORATORISTA



.....
DANIEL ISAU TOLEDO PAREDES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO
FC=210 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA 2025"

UBICACIÓN : PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA

SOLICITA : Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA
Bach: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID

CERTIFICADO : LAB. GyE-D.C.030-2025

TIPO/COD. MUESTRA : AGREGADO

APLICACIÓN : CONCRETO

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2025

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR MATERIALES MÁS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ NORMALIZADO 75 µm (Tamiz N°200) POR LAVADO EN AGREGADOS

NORMA: N.T.P. 400.018 / ASTM C-117

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA

MUESTREO : ACOPIO EN CANTERA

MUESTRA : M-1 Y M-2


FECHA DE ENSAYO : Septiembre del 2025

DATOS DE LOS ENSAYOS	ENSAYOS		PROMEDIO
	1	2	
1.- Número de tara	N	1	2
2.- Peso de la muestra seca	g.	1058.6	1093.7
3.- Peso de la muestra lavada seca	g.	1023.0	1054.6
4.- Peso de la muestra menor a la malla N°200	g.	35.6	39.1
5.- Porcentaje pasante por la malla N°200	%	3.5	3.7

ESPECIFICACIÓN : 5.00 % MÁX.

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- Se realizó el ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz N°200, de la cantera Hospicio Sinticala
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI G004: 1993)


NICOLAS YAGUNO YUCRA
LABORATORISTA




DANIEL ISAÚ TOLEDO PARÉDES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO
FC=210 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA 2025"

UBICACIÓN : PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA **CERTIFICADO** : LAB. GyE-D.C.030-2025

CANtera : HOSPICIO SINTICALA **TIPO/COD. MUESTRA** : AGREGADO

SOLICITA : Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA **APLICACIÓN** : CONCRETO

Bach: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID **FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2025

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE AGREGADO POR SECADO

NORMA: N.T.P. 339,185 / ASTM C-566

CANtera : HOSPICIO SINTICALA

MUESTREO : ACOPIO EN CANtera

MUESTRA : M-1 Y M-2

FECHA DE ENSAYO: Septiembre del 2025

AGREGADO GRUESO


DATOS DEL ENSAYO	UND	1	2	3	RESULTADOS
Peso de suelo húmedo + tara	g.	5048.00	5047.00		
Peso de suelo seco + tara	g.	5037.00	5036.00		
Peso de tara	g.	0.0	0.0		CONTENIDO DE HUMEDAD 0.22 %
Peso de agua	g.	11.00	11.00		
Peso de suelo seco	g.	5037.00	5036.00		
Contenido de agua	%	0.22	0.22		
Promedio del contenido de agua	%	0.22			

AGREGADO FINO

DATOS DEL ENSAYO	UND	1	2	3	RESULTADOS
Peso de Grava húmeda + tara	g.	2031.0	2046.0		
Peso de Grava seca + tara	g.	1974.0	1989.0		
Peso de tara	g.	0.0	0.0		CONTENIDO DE HUMEDAD 2.89 %
Peso de agua	g.	57.00	57.00		
Peso de Grava seca + tara	g.	1974.0	1989.0		
Contenido de agua	%	2.89	2.89		
Promedio del contenido de agua	%	2.89			

OBSERVACIONES:

- 1- Muestreo e identificación realizado por el personal del Solicitante.
- 2- Se realizó el ensayo de contenido de humedad de los agregados, de la cantera : Hospicio Sinticala


NICOLAS YAGUNO YUCRA
 LABORATORISTA




DANIEL ISAÚ TOLEDO PAREDES
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA 2025"
UBICACIÓN : PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA
CANTERA : HOSPICIO SINTICALA
SOLICITA : Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA
 Bach: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID

CERTIFICADO : LAB. GyE-D.C.030-2025
TIPO/COD. MUESTRA : AGREGADO
APLICACIÓN : CONCRETO
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2025

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMA: N.T.P. 400.021 / ASTM C-127

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA

MUESTREO : ACOPIO EN CANTERA

MUESTRA : M-2

FECHA DE ENSAYO: Septiembre del 2025

DATOS DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN		UND	01	02	RESULTADOS DEL ENSAYO	
A	Peso de la muestra seca al horno	g.	1756.0	1758.0		
B	Peso de la muestra superficial seca al aire	g.	1770.0	1769.0		
C	Peso de la muestra superficialmente seca sumergida	g.	1080.0	1075.0		
Peso específico de masa		g/cm ³	2.565	2.565	P.E.M	: 2.604 g/cm ³
Peso específico de masa saturada superficialmente seca		g/cm ³	2.627	2.625	P.E.M.S.S.	: 2.626 g/cm ³
Peso específico aparente		g/cm ³	2.664	2.662	P.E.A.	: 2.565 g/cm ³
Absorción de agua		%	0.80	0.80	ABSORCIÓN	: 0.80 %

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

NORMA: N.T.P. 400.022 / ASTM C-128

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA

MUESTREO : ACOPIO EN CANTERA


MUESTRA : M-1

FECHA DEL ENSAYO: Septiembre del 2025

DATOS DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN		UND	01	02	RESULTADOS DEL ENSAYO	
A	Peso del picnómetro + agua aforado	g.	500.00	516		
B	Peso de la muestra seca al horno	g.	99.00	98.00		
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g.	100.00	100.0		
D	Peso de picnómetro + agua aforado + muestra	g.	464.00	465.00		
Peso específico sobre base seca		g/cm ³	2.777	2.788	P.E.M	: 2.777 g/cm ³
Peso específico sobre base saturada superficialmente seca		g/cm ³	2.714	2.721	P.E.M.S.S.	: 2.717 g/cm ³
Peso específico aparente		g/cm ³	2.732	2.737	P.E.A.	: 2.735 g/cm ³
Absorción de agua		%	1.650	1.610	ABSORCIÓN	: 1.011 %

OBSERVACIONES:

- 1.- Muestreo e identificación realizado por el personal del Solicitante.
- 2.- Se realizó el ensayo de peso específico y absorción de los agregados, de la cantera : Hospicio Sinticala


NICOLAS YAGUNO YUCRA
 LABORATORISTA




DANIEL ISAÚ TOLEDO PAREDES
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO
FC=210 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA 2025"

UBICACIÓN : PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA **CERTIFICADO** : LAB. GyE-D.C.030-2025

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA **TIPO/COD. MUESTRA** : AGREGADO FINO

SOLICITA : Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA **APLICACIÓN** : CONCRETO

Badr: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID **FECHA** : SEPTIEMBRE DEL 2025

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA: MTC E 203

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA

MUESTREO : ACOPIO EN CANTERA

MUESTRA : M-1

FECHA DE ENSAYO : Septiembre del 2025


DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	35428
Vol.	7.044

PESO UNITARIO SUELTO			
ITEM	MUESTRAS		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
W.Suelo + Molde (g)	14346	14369	14404
W.Suelo (g)	10803	10826	108612
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.538		

PESO UNITARIO COMPACTADO			
ITEM	MUESTRAS		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
W.Suelo + Molde (g)	15987	15962	16028
W.Suelo (g)	12442	12419	12485
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.767		

RESULTADOS	
Peso Unitario Suelto (g/cc)	1.538
Peso Unitario Compactado (g/cc)	1.767

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.



NICOLAS YAGUNO YUCRA
 LABORATORISTA





DANIEL ISAÚ TOLEDO PAREDES
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETOS Y ASFALTOS E.I.R.L

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS ADITIVOS PLASTIFICANTES EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECANICAS DEL CONCRETO F'c=2.10 KG/CM2 FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO MS CADUCADO, TACNA 2025"		
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA	CERTIFICADO	: LAB. GYE-D.C.030-2025
CANTERA	: HOSPICIO SINTICALA	TIPO/COD. MUESTRA	: AGREGADO GRUESO
SOLICITA	: Bach. ARUQUIPA CHAMBILLA MELANY FERNANDA	APLICACIÓN	: CONCRETO
	Bach: DIAZ PONCE DAIRA ASTRID	FECHA	: SEPTIEMBRE DEL 2025

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA: MTC E 203

CANTERA : HOSPICIO SINTICALA

MUESTREO : ACOPIO EN CANTERA

MUESTRA : M-2

FECHA DE ENSAYO : Septiembre del 2025

DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	35428
Vol.	7.044


PESO UNITARIO SUELTO			
ITEM	MUESTRAS		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
W.Suelo + Molde (g)	14500	14600	15064
W.Suelo (g)	109572	11057	110412
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.564		

14404

PESO UNITARIO COMPACTADO			
ITEM	MUESTRAS		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
W.Suelo + Molde (g)	14887	14790	15064
W.Suelo (g)	113442	11247	11521
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.614		

RESULTADOS	
Peso Unitario Suelto (g/cc)	1.564
Peso Unitario Compactado (g/cc)	1.614

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.


NICOLAS YAGUNO YUCRA
LABORATORISTA




DANIEL ISAÚ TOLEDO PAREDES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265954

- DIRECCIÓN : Coop. 1ro de Setiembre mz. 4 lte 14 C.P. LEGUIA – TACNA - TACNA
- CELULAR: 952875531 – 935755950 RUC : 20610779817

ANEXO 3. FICHA TÉCNICA DE SIKAPLAST 1150



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaPlast®-1150 PE

Mantenedor de aditivos superplastificantes y trabajabilidad para hormigón.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaPlast-1 150® PE es un aditivo para hormigón desarrollado para producir hormigón que necesita mantener la fluidez sin afectar el correcto desarrollo de resistencias.

No contiene cloruros.

APLICACIONES

Sikaplast® -1150 PE se puede utilizar para:

- Transporte de hormigón a largas distancias.
- Procesos constructivos que requieren mucho tiempo para la colocación y compactación del hormigón.
- Hormigón y morteros suministrados en obras de construcción en lugares remotos o de alto tráfico.
- El transporte y colocación de hormigón y mortero en condiciones ambientales críticas, baja humedad relativa, altas velocidades del viento y altas temperaturas.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaPlast® -1150 PE es un aditivo que basa sus acciones en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y repulsión estérica, de manera que las partículas sólidas se dispersan de manera efectiva, y se puede mantener un alto nivel de fluidización en el tiempo con menor contenido de agua, obteniendo las siguientes propiedades:

- El reductor es un agua de alto rango, por lo que no es necesario usar un plastificante adicional.
- El uso de SikaPlast-1150® PE permite la producción de hormigón y morteros de alto rendimiento.
- Eficacia de hormigones y morteros con una amplia gama de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Proporciona hormigón y morteros con mayor estabilidad y trabajabilidad que los fabricados con dispersantes convencionales y reductores de agua.

	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad con otros aditivos Sika. • Conserva la trabajabilidad durante más tiempo mientras mantiene el desarrollo de resistencias iniciales.
NORMAS	NORMAS Cumple con ASTM C-494 Tipo F.
DATOS BÁSICOS	
EMBALAJE	COLOR Marrón claro a marrón oscuro ASPECTO Líquido PRESENTACIÓN <ul style="list-style-type: none"> • IBC x 1.000 L. • Granel X 1 kg
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL 12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz solar directa y las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,10 kg/L □ 0,01
ACERCA DE LA APLICACIÓN	
DETALLES DE LA APLICACIÓN	CONSUMO/DOSIS <ul style="list-style-type: none"> • Puede variar en el rango de 0. 5% - 2.00% del peso del cemento. Pruebas de laboratorio previas.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO SikaPlast® -1150 PE se añade al agua de mezcla o a la masa de hormigón. Para garantizar la máxima eficiencia se recomienda extender el minuto y medio de mezcla por metro cúbico de hormigón. SikaPlast-1150® PE se puede utilizar en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda confiar en el equipo técnico de Sika. No debe agregarse al cemento seco. PRECAUCIONES Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos proporcionados en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias fuera de nuestro control.
RESTRICCIONES LOCALES	Tenga en cuenta que el rendimiento del producto puede variar según el país. Consulte la hoja de datos correspondiente a los listados locales para obtener la descripción exacta de los campos de aplicación del producto.
INFORMACIÓN DE SALUD Y SEGURIDAD	Para obtener información y asesoramiento sobre el transporte, la manipulación, el almacenamiento y la eliminación de productos químicos, los usuarios deben consultar la ficha de datos de

Hoja de datos
SikaPlast-1150 PE®
14.11.2022, Edición 1

seguridad actual, que contiene información médica, ecológica, toxicológica y otra información relacionada con la seguridad.

AVISOS LEGALES

La información y, en particular, las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika se proporcionan de buena fe, sobre la base del conocimiento y la experiencia actuales de Sika con respecto a sus productos, siempre que se almacenen, manipulen y transporten adecuadamente; así como aplicado en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones del trabajo donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de cualquier recomendación escrita o de cualquier asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía con respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a un propósito particular, así como cualquier responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de terceros deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a las Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los Usuarios siempre deben consultar la última edición de las Hojas de Datos del Producto; copias de las cuales se entregarán a petición del interesado o a las que se puede acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe

Sika Perú S.A.C
Hormigón
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y
6, Lurín
Perú
www.sika.com.pe

Versión preparada por: Sika Peru S.A.
CGDepartamento Técnico
Teléfono: 618-6060
Fax: 618-6070
Correo: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A. C

Hoja de datos SikaPlast-1150 PE® 14.11.2022, Edición 1

3/3

BUILDING TRUST



ANEXO 4. FICHA TÉCNICA DE ECOPLAST WG 9600

HOJA TÉCNICA
ECOPLAST WG-9600

CCL ASOCIADO
CÁMARA DE COMERCIO - LIMA

HOJA TÉCNICA ECOPLAST- WG 9600

**ADITIVO SUPER
PLASTIFICANTE
REDUCTOR DE AGUA DE ALTO
RANGO CON MANTENCIÓN DE
TRABAJABILIDAD**



servicioalcliente@ecoandina-peru.com



(+51)908-805-559

Cajamarquilla Mz E Lt 1-C Lurigancho - Chosica
Lima



ECOANDINA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Ecoplast WG-9600 Aditivo en estado líquido superplastificante reductor de agua de alto rango con mantención de slump, diseñado especialmente para concretos y morteros de alta exigencias que necesitan ser transportados en mixer. En pre mezclado tiene buen rango de aplicación el cual permite diseñar variedades de diseños incluido concretos especiales cumpliendo con las especificaciones del proyecto, compatible con los cementos nacionales y condiciones climáticas costa, sierra y selva.

EXENTO DE CLORUROS

DATOS TÉCNICOS

Apariencia : Líquido
Color : Incoloro / Pardo
Densidad : 1.08 ± 0.04 kg/l

Presentación: cilindros de 220 kg y contenedores de 1050 kg
Soluble : Al agua

DOSIFICACIÓN

- **Como reductor de agua de alto rango:** Aplicar dosis de 1.0% - 2.5 % respecto al peso del cemento, para obtener concretos fluidos o cohesivos con relaciones a/c menores a 0.5
- **Como plastificante:** Aplicar dosis de 0.3% - 1.0% respecto al peso del cemento para concretos convencionales

Nota: Las dosificaciones varían de acuerdo al diseño de mezcla, cantidad de cemento, tipo de cemento, climas y agregados.

Consultar con su Asesor Comercial para optimizar el uso del producto.

APLICACIÓN O USO

Agregue inicialmente el aditivo con el 70% de agua de amasado en el equipo mezclador, para tener una buena dispersión del producto en la mezcla, el agua restante agregue hasta encontrar el slump requerido.

A nivel laboratorio el procedimiento de mezcla es igual, pero con intervalos de 3' minutos de mezcla 2' minutos de reposo y 3' minutos de remezclado para optimizar su uso de acuerdo al requerimiento de obra. Si es necesario verificar la mantención de SLUMP realizarlo cada 30' minutos x 2 horas, si es necesario agregar un retardante sugerimos el Ecotar para prolongar la fragua y mejorar las propiedades del pre-mezclado

HOJA TÉCNICA
ECOPLAST WG-9600



VENTAJAS

- Proporciona buena trabajabilidad en las mezclas
- Aumenta la durabilidad del concreto
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas
- Aumenta la impermeabilidad y durabilidad del concreto
- Se puede re dosificar la mezcla a pie de obra reduce costos en la elaboración del concreto bajando considerablemente el consumo del cemento.
- Se aplica en diseños especiales y concretos convencionales
-

NORMAS

Aditivo tipo F según ASTM C494 y ASTM C-1017 Cumple requisitos y especificaciones de norma SIA 162 (1989) y EN 942-2

ALMACENAMIENTO

VIDA UTIL: 12 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, si estuviera expuesto a climas extremos, protegerlo o aislarlo a una temperatura entre 10° a 20° centígrados.

INSTRUCCIONES DE MANIPULACIÓN

- Durante manipulación del producto, evite contacto directo con la vista, piel y vías respiratorias. Usar Equipos de Protección Personal (EPP): mascarilla, guantes y anteojos.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua y consultar con su médico.

ASPECTO LEGAL

- La información que se brinda, son proporcionados en base al conocimiento y experiencia del producto, siempre y cuando se almacene y manipule adecuadamente.
- Grupo Ecoandina SAC se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos, los derechos de propiedad de terceros deben respetarse.

IMPORTANTE

- Agite los envases antes de utilizar.
- En ambiente cerrado puede cambiar de color. No altera sus propiedades.