

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA



TESIS

**INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE EN LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRABAJABILIDAD DEL
CONCRETO TREMIE F'C=280 KG/CM², JAÉN – 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Bach. INGRIS RAQUEL BECERRA HUATANGARE

ASESOR:

DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA, JUNIO DEL 2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** INGRIS RAQUEL BECERRA HUATANGARE
DNI: 76543441
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO
Facultad: DE INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO TREMIE F'C=280 KG/CM², JAÉN – 2024
- Fecha de evaluación:** 27/06/2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 23%
- Código Documento:** Old: 3117:470266087
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 27/06/2025

	
<hr/> FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO DNI: 26733060	<hr/> UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 27/06/2025 19:42:08-0500



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO TREMIE F'C= 280 KG/CM², JAÉN - 2024.*

ASESOR : *Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0417-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 24 de julio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **siete días del mes de agosto de 2025**, siendo las quince horas con treinta minutos (3:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO TREMIE F'C= 280 KG/CM², JAÉN - 2024*, presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil *INGRIS RAQUEL BECERRA HUATANGARE*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, asesorada por el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA :6..... PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA :11..... PTS.
EVALUACIÓN FINAL :17..... PTS DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se la declara APROBADO con el calificativo de 17 (DIECISIETE) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 16:35 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: INGRIS RAQUEL BECERRA HUATANGARE.

RUBRO	PUNTAJE
	Máximo / Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	2
2.2. Dominio del tema	3
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	3
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	3
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 07 de agosto de 2025


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130

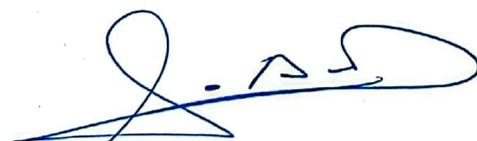


EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: INGRIS RAQUEL BECERRA HUATANGARE.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	6
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	17
EN LETRAS (A + B)	DIECISIETE
- Excelente 20 - 19	MUY BUENO
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 07 de agosto de 2025


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Asesor

COPYRIGHT © 2025
INGRIS RAQUEL BECERRA HUATANGARE
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor a mis queridos padres, Atilano Becerra Zelada y Esperanza Huatangare Tocto, quienes, con su ejemplo y enseñanzas, me guiaron por el camino de los valores y la superación personal. Gracias por formar en mí a una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y el coraje necesarios para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

De igual manera, extendo mi gratitud a mis padres, Atilano y Esperanza, y a mis hermanos Fiorela, Alex, Lupita, Lili y Pamela, por su apoyo constante, su cariño incondicional y por ser parte esencial de este logro.

Mi sincero reconocimiento a mis docentes, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias con dedicación, compromiso y generosidad. Agradezco especialmente al doctor Miguel Ángel Mosqueira Moreno, mi asesor, y al ingeniero Luis Rafael Quiroz Chihuán, por su valiosa guía y acompañamiento durante cada fase de la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE

1	CARÁTULA.....	i
2	DEDICATORIA	iii
3	AGRADECIMIENTO	iv
4	ÍNDICE.....	v
5	ÍNDICE DE TABLAS	viii
6	ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
7	RESUMEN	xiii
8	ABSTRACT.....	xiv
9	CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento del Problema.	1
1.2.	Formulación del problema	2
1.3.	Hipótesis	2
1.4.	Justificación de la investigación	3
1.5.	Alcances o delimitaciones de la investigación.....	3
1.6.	Limitaciones.....	4
1.7.	Objetivos de la investigación	5
1.7.1.	Objetivo general.....	5
1.7.2.	Objetivos específicos	5
1.8.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	5
1.8.1.	Variable independiente	5
1.8.2.	Variable dependiente	5
2	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1.	Antecedentes teóricos.	7
2.1.1.	Internacionales	7
2.1.2.	Nacionales.....	8
2.1.3.	Locales.....	10
2.2.	Bases teóricas.....	11
2.2.1.	Cantera	11
2.2.2.	Agregados	11

2.2.3.	Agregado fino	12
2.2.4.	Agregado grueso	13
2.2.5.	Concreto	16
2.2.6.	Concreto Tremie	17
2.2.7.	Beneficios utilizar concreto Tremie.....	19
2.2.8.	Propiedades del concreto Tremie.....	20
2.2.9.	Aditivos.....	25
2.3.	Definición de términos básicos.....	27
3	CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1.	Localización del proyecto	28
3.2.	Tiempo o época de la investigación.....	50
3.3.	Clima.....	50
3.4.	Procedimiento	51
3.4.1.	Recolección de los materiales.....	52
3.4.2.	Ensayos a los agregados finos y gruesos (cantera Olano)	52
3.4.3.	Diseño de mezcla (Método ACI)	53
3.4.4.	Ensayos al concreto fresco.....	54
3.4.5.	Elaboración de testigos de concreto.....	55
3.4.6.	Ensayos al concreto endurecido.....	56
3.5.	Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	56
3.5.1.	Tipo, nivel, diseño y método de investigación	56
3.6.	Población de estudio	58
3.7.	Muestra	58
3.8.	Unidad de análisis.....	60
3.9.	Unidad de observación.....	60
3.10.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.10.1.	Técnicas de recolección de datos	60
3.10.2.	Instrumentos de recolección de datos	60
3.11.	Presentación de resultados	60
3.11.1.	Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	61
3.11.2.	Resultados del diseño de mezcla.....	61

3.11.3.	Resultados de los ensayos al concreto fresco.	62
3.11.4.	Resultados de los ensayos al concreto endurecido	64
4	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
4.1.	Agregados	71
4.2.	Trabajabilidad del concreto trime	71
4.3.	Resistencia a la compresión del concreto trime	73
5	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1.	Conclusiones	75
5.2.	Recomendaciones	77
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
7	ANEXOS	82
7.1.	Ensayos al agregado fino y grueso.....	82
7.2.	Ensayos al concreto fresco - mezcla patrón.....	86
7.3.	Ensayos al concreto fresco mezcla + 1% de aditivo hiperplastificante.	87
7.4.	Ensayos al concreto fresco mezcla + 1.5% de aditivo hiperplastificante.	89
7.5.	Ensayos al concreto fresco mezcla + 2% de aditivo hiperplastificante.	91
7.6.	Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla patrón. 73	
7.7.	Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla +1% aditivo Hiperplastificante.....	76
7.8.	Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla +1.5% aditivo Hiperplastificante.	79
7.9.	Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla +2% aditivo Hiperplastificante.....	82
7.10.	Diseño de mezcla patrón.....	85
7.11.	Diseño de mezcla +1% aditivo Hiperplastificante.....	73
7.12.	Diseño de mezcla +1.5% aditivo Hiperplastificante.....	75
7.13.	Diseño de mezcla +2% aditivo Hiperplastificante.....	77
7.14.	Ficha técnica del aditivo EKCO HP.	91
7.15.	Panel fotográfico.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos mínimos según la Norma Técnica Peruana NTP 4000.037 según el ensayo de granulometría para agregado fino	13
Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso según la Norma Técnica Peruana NTP 400.037.....	15
Tabla 3. Rangos recomendados, tolerancias y frecuencias de ensayos de aceptación para el concreto fresco.....	21
Tabla 4. Clases de habilidad pasante por la caja L (bajo flujo confinado)	22
Tabla 5. Valores del VSI.....	23
Tabla 6. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados	61
Tabla 7. Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla patrón)	61
Tabla 8. Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla con 1% de aditivo hiperplastificante EKCO HP).....	61
Tabla 9. Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla con 1.5% de aditivo hiperplastificante EKCO HP).....	62
Tabla 10. Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla con 2% de aditivo hiperplastificante EKCO HP).....	62
Tabla 11. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla patrón)	62
Tabla 12. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla con 1% de aditivo hiperplastificante ECKO).....	63
Tabla 13. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla con 1.5% de aditivo hiperplastificante ECKO).....	63
Tabla 14. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla con 2% de aditivo hiperplastificante ECKO).....	63
Tabla 15. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla Patrón)	64

Tabla 16. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla + 1% de EKCO HP).....	65
Tabla 17. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla + 1.5% de EKCO HP).....	66
Tabla 18. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla + 2% de EKCO HP).....	67
Tabla 19. Resistencia a la compresión del concreto a 7 días de curado	67
Tabla 20. Resistencia a la compresión del concreto a 14 días de curado	68
Tabla 21. Resistencia a la compresión del concreto a 28 días de curado	69
Tabla 22. Análisis Granulométrico del Agregado fino	82
Tabla 23. Peso unitario suelto del agregado fino	83
Tabla 24. Peso unitario compactado del agregado fino	83
Tabla 25. Gravedad específica y absorción del agregado fino	83
Tabla 26. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	84
Tabla 27. Peso unitario suelto del agregado grueso.....	85
Tabla 28. Peso unitario compactado del agregado grueso	85
Tabla 29. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	85
Tabla 30. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla patrón).....	86
Tabla 31. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla patrón)	86
Tabla 32. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla patrón)	87
Tabla 33. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla + 1% Hiperplastificante)	88
Tabla 34. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla + 1% Hiperplastificante)	88
Tabla 35. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla + 1% Hiperplastificante)	88
Tabla 36. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla + 1.5% Hiperplastificante).....	89
Tabla 37. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla + 1.5% Hiperplastificante) ..	90

Tabla 38. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla + 1.5% Hiperplastificante)	90
Tabla 39. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla + 2% Hiperplastificante)	91
Tabla 40. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla + 2% Hiperplastificante)	92
Tabla 41. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla + 2% Hiperplastificante)	92
Tabla 42. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón a edad de 7 días.	73
Tabla 43. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón a edad de 14 días.	74
Tabla 44. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón a edad de 28 días.	75
Tabla 45. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1% de aditivo a edad de 7 días.....	76
Tabla 46. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1% de aditivo a edad de 14 días.....	77
Tabla 47. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1% de aditivo a edad de 28 días.....	78
Tabla 48. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1.5% de aditivo a edad de 7 días.	79
Tabla 49. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1.5% de aditivo a edad de 14 días.	80
Tabla 50. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1.5% de aditivo a edad de 28 días	81
Tabla 51. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 2% de aditivo a edad de 7 días.....	82
Tabla 52. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 2% de aditivo a edad de 14 días.....	83
Tabla 53. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 2% de aditivo a edad de 28 días.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes, propiedades, características y requisitos del concreto Tremie .	19
Figura 2. Equipo de ensayo para medir la extensibilidad	21
Figura 3. Índice de Estabilidad Visual (VSI) del Concreto	24
Figura 4. Ubicación de la investigación a nivel distrital.....	28
Figura 5 Ubicación y Localización donde se llevó a cabo la investigación en la ciudad de Jaén	16
Figura 6. Esquema de los procedimientos realizados	51
Figura 7. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla patrón	64
Figura 8. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla +1% EKCO HP	65
Figura 9. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla +1.5% EKCO HP.....	66
Figura 10. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla +2% EKCO HP	67
Figura 11. Resistencia a la compresión a 7 días de curado.....	68
Figura 12. Resistencia a la compresión a 14 días de curado.....	68
Figura 13. Resistencia a la compresión a 28 días de curado.....	69
Figura 14. Evolución de la resistencia del concreto mezcla patrón y mezcla con adición de aditivo EKCO HP	70
Figura 15. Curva granulométrica de agregado fino	82
Figura 16. Curva granulométrica del agregado grueso.....	84
Figura 17. Mezcla Patrón.....	86
Figura 18. DISEÑO $f'c=280$ kg/cm ² + 1% HIPERPLASTIFICANTE.....	87
Figura 19. DISEÑO $f'c=280$ kg/cm ² + 1.5.% HIPERPLASTIFICANTE.....	89
Figura 20. DISEÑO $f'c=280$ kg/cm ² + 2% HIPERPLASTIFICANTE.....	91
Figura 21. Análisis granulométrico del agregado grueso	93

Figura 22. Análisis granulométrico del agregado fino	93
Figura 23. Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso	94
Figura 24. Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino	94
Figura 25. Agregado fino y grueso para la elaboración de la mezcla de concreto	95
Figura 26. Elaboración de la mezcla de concreto Tremie.....	95
Figura 27. Equipo para medir la trabajabilidad del concreto fresco	96
Figura 28. Prueba para medir la extensibilidad del concreto fresco.....	96
Figura 29. Ensayo para medir la capacidad de paso y llenado del concreto fresco.....	97
Figura 30. Prueba de asentamiento.....	97
Figura 31. Elaboración de testigos de concreto.....	98
Figura 32. Curado de testigos de concreto.....	98
Figura 33. Ensayo de resistencia a compresión del concreto.....	99

RESUMEN

A nivel nacional uno de los problemas que afrontan las estructuras en su construcción es el contacto directo, y a veces prolongado con el agua, es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia del aditivo hiperplastificante EKCO HP en la resistencia a compresión y la trabajabilidad del concreto Tremie $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Jaén, 2024. El desarrollo consistió en estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, seguido de dosificaciones con diferentes proporciones de aditivo (0%, 1%, 1.5% y 2%), evaluándose su trabajabilidad y la resistencia a compresión a diferentes edades. Los resultados demostraron que la mezcla patrón no cumple condiciones para ser considerada como concreto Tremie, debido a su deficiente trabajabilidad; sin embargo, al utilizar aditivo hiperplastificante EKCO HP en 1%, 1.5% y 2% permitió mejorar las propiedades de trabajabilidad. Además, la resistencia a compresión a los 28 días fue de 298.55 kg/cm^2 para 0%, 369.91 kg/cm^2 con 1%, 394.63 kg/cm^2 con 1.5%, y 387.06 kg/cm^2 con 2%. Concluyó que el 1.5% de aditivo fue la más eficiente, al incrementar en 32.18% la resistencia a compresión a los 28 días y mejoras notables en la trabajabilidad.

Palabras clave: concreto Tremie, resistencia a compresión, trabajabilidad, aditivo hiperplastificante, EKCO HP.

ABSTRACT

At the national level, one of the problems that structures face in their construction is direct, and sometimes prolonged, contact with water, which is why the present investigation aimed to evaluate the influence of the hyperplasticizing additive EKCO HP on the compressive strength and workability of Tremie concrete $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$ in the city of Jaén, 2024. The development consisted of a study of the physical and mechanical properties of the aggregates, followed by dosages with different proportions of additive (0%, 1%, 1.5% and 2%), evaluating its workability and compressive strength at different ages. The results showed that the standard mixture does not meet the conditions to be considered as Tremie concrete, due to its poor workability; However, using EKCO HP hyperplasticizing additive at 1%, 1.5% and 2% allowed improving the workability properties. Furthermore, the 28-day compressive strength was 298.55 kg/cm^2 for 0%, 369.91 kg/cm^2 for 1%, 394.63 kg/cm^2 for 1.5%, and 387.06 kg/cm^2 for 2%. It was concluded that the 1.5% additive was the most efficient, increasing the 28-day compressive strength by 32.18% and showing significant improvements in workability.

Keywords: Tremie concrete, compressive strength, workability, hyperplasticizer, EKCO HP.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema.

A nivel mundial, el auge de cimentaciones más grandes y profundas, asociadas tanto con infraestructuras de transporte como con grandes proyectos del sector privado. Estas cimentaciones profundas requieren una cuidadosa consideración e introducen complejidades adicionales para el diseño y la construcción (Wilkes et al., 2023). Es por ello que creciente exigencia ha impulsado el uso de aditivos químicos, los cuales se han convertido en componentes fundamentales en la tecnología del concreto, permitiendo mejorar su desempeño, durabilidad y adaptabilidad a requerimientos específicos (Díaz y Torres 2020). En Colombia, la implementación del uso de concretos en ambientes inhóspitos, como las cimentaciones profundas, es cada vez más frecuente en diferentes obras de infraestructura. Sin embargo, al construirse en entornos no visibles y a gran profundidad, existe la posibilidad de que se presenten defectos, lo que podría generar acciones correctivas de alto costo; en este sentido resulta crucial el uso de aditivos que permitan solventar estas dificultades y así mismo lograr obtener estructuras con mayor durabilidad a lo largo del tiempo (Moreno y Marulanda 2020).

En el Perú muchas de las estructuras que se construyen hoy en día enfrentan en algún momento las dificultades propias de vaciar concreto en condiciones adversas, específicamente, cuando tienen contacto directo, y a veces prolongado con el agua, tanto de manera estática como en movimiento. Tal es el caso de las cimentaciones profundas, donde el trabajo bajo agua ha sido y es un reto para el concreto como principal material estructural, debido a que su diseño se considera que existan pérdidas de resistencia derivadas del lavado de finos (cementantes y agregados finos) durante el contacto con el agua, lo que ocasiona que las mezclas suelen sobre diseñarse; por consiguiente, aumentan su costo y la incertidumbre sobre el comportamiento final del concreto; es así que el mejoramiento del desempeño del mercado mediante el uso de aditivos presenta viabilidad para lidiar con las diferentes situaciones que se presenten (Colmenares y Loayza, 2023).

Asimismo, en el departamento de Cajamarca los hormigones de altas prestaciones han aumentado su presencia en la construcción de grandes infraestructuras en las diversas ciudades; es por ello que el concreto denominado como sumergible, está siendo utilizado en diversos proyectos de ingeniería y habitualmente en cimentaciones profundas, ante la imposibilidad o inconveniencia de conseguir un recinto seco para su puesta en obra. No obstante, esta utilización se ve perjudicada por el lavado de las partículas de cemento produciendo un deterioro de sus propiedades, incluyendo una disminución de su resistencia a compresión, así como de la adherencia entre hormigón y armadura. Recae la factibilidad del uso de aditivos para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto (Díaz y Soberón, 2019).

Frente a esta problemática se plantean desafíos en la ingeniería estructural para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, como es el caso específico de la resistencia a compresión y la trabajabilidad del concreto, que, en condiciones sumergidas, propias de cimentaciones profundas, conlleva al lavado de partículas finas y cementantes, lo que ocasiona la pérdida de cohesión y resistencia del concreto, así como una disminución significativa en su trabajabilidad. Esta situación repercute negativamente en el desempeño estructural. Frente a esta problemática, el uso de aditivos hiperplastificantes se presenta como una alternativa técnica para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, pasando hacer un concreto temie.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida influye el aditivo hiperplastificante en la mejora de la resistencia a compresión y trabajabilidad del concreto Tremie $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$, Jaén – 2024?

1.3. Hipótesis

El uso del aditivo hiperplastificante incrementa en un 10% la resistencia a compresión y mejorará la trabajabilidad del concreto Tremie $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$

1.4. Justificación de la investigación

El presente estudio se fundamenta en mejorar la trabajabilidad del concreto Tremie $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, considerando aspectos como la deformabilidad y tasa de extensibilidad, la capacidad de paso y de llenado, así como la estabilidad estática, mediante el uso de un aditivo hiperplastificante para estructuras bajo agua y estructuras de cimentación profunda (pilotes, pilares. Etc.), que permitirá modificar los componentes del concreto optimizándolo, al mismo tiempo ajustando las características del material a nuestras necesidades de fluidez, transporte y resistencia; y asimismo con la finalidad de mejorar su resistencia a compresión.

1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación

La presente investigación se limitó al estudio de dos propiedades fundamentales del concreto Tremie, de resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$: la resistencia a compresión y la trabajabilidad, las cuales son determinantes para su desempeño estructural y constructivo, especialmente en elementos sumergidos o cimentaciones profundas. Además, se trabajó específicamente esta resistencia, debido a que este es uno de los valores de resistencias medias utilizados en obras de infraestructura importantes o estructuras sumergidas en la ciudad de Jaén.

En cuanto al aditivo, se utilizó el hiperplastificante ECKO HP, el cual es un aditivo de tercera generación, basado en policarboxilato, reconocido por su capacidad para mejorar la trabajabilidad sin afectar negativamente la resistencia del concreto. Se evaluaron cuatro dosificaciones del aditivo (0%, 1%, 1.5% y 2%) con el fin de establecer una relación entre la dosificación del aditivo y las propiedades mecánicas y de manejabilidad del concreto, buscando un punto de equilibrio óptimo. Asimismo, para mantener la consistencia de los resultados y controlar variables externas, se utilizó agregado fino y agregado grueso (de tamaño máximo $\frac{1}{2}$ ") provenientes de la cantera Olano, ubicada en la ciudad de Jaén, por lo que los resultados serán válidos solo para esta cantera. Asimismo, se utilizó cemento Portland Tipo I, conforme a la norma ASTM C150, por ser el más empleado en construcciones convencionales de la zona. Los ensayos se realizaron en el laboratorio privado Geocón vial Ingenieros

EIRL de la ciudad de Jaén, debido a que la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén no cuenta con equipos para evaluar la trabajabilidad del concreto Tremie.

Esta delimitación geográfica, técnica y material permite que los resultados obtenidos sean representativos y aplicables a las condiciones reales de construcción en Jaén, 2024, aportando datos específicos que puedan ser replicados o ampliados en futuras investigaciones similares.

En esta investigación, el diseño patrón de la mezcla fue elaborado bajo los lineamientos del método ACI para una resistencia $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Para las mezclas con 1%, 1.5% y 2% de aditivo hiperplastificante ECKO HP, se sustituyó proporcionalmente dicho porcentaje del volumen de agua de la mezcla original por el volumen equivalente del aditivo. Este procedimiento técnico implicó la reformulación de las proporciones de los demás componentes (cemento, agregado fino y grueso), a fin de mantener constante la relación agua/cemento efectiva y asegurar la trabajabilidad requerida. Por lo que esta modificación condiciona los resultados obtenidos al procedimiento de sustitución adoptado, por lo que los hallazgos no deben generalizarse a otras metodologías de incorporación del aditivo

1.6. Limitaciones

La investigación se limitó en los ensayos complementarios, como la no realización del ensayo de módulo de rotura (flexión), el cual habría permitido evaluar de manera más integral el comportamiento mecánico del concreto Tremie, especialmente en aplicaciones estructurales donde las solicitaciones no son solo de compresión.

Alcance limitado a la evaluación a corto plazo, donde la resistencia a compresión fue determinada hasta los 28 días. No se contemplaron edades mayores (56, 90 o 120 días), que permitirían conocer mejor el desarrollo tardío de resistencia y su durabilidad a largo plazo.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo general

- ✓ Determinar la influencia del aditivo hiperplastificante en la resistencia a compresión y la trabajabilidad del concreto Tremie $f'c=280$ kg/cm², Jaén – 2024.

1.7.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados.
- ✓ Determinar la trabajabilidad del concreto Tremie $f'c=280$ kg/cm², al utilizar aditivo hiperplastificante en porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 2%.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión de un concreto Tremie $f'c=280$ kg/cm², al utilizar aditivo hiperplastificante en porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 2%.
- ✓ Comparar la influencia de distintos porcentajes de aditivo hiperplastificante, en la resistencia a compresión y trabajabilidad del concreto Tremie $f'c=280$ kg/cm².

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variable independiente

- Composición de la mezcla con aditivo hiperplastificante.

1.8.1.1. Subvariables

- Porcentaje del aditivo hiperplastificante
- Relación agua/cemento
- Proporción de agregados

1.8.2. Variable dependiente

- Resistencia a compresión del concreto Tremie $f'c= 280$ kg/cm².
- Trabajabilidad del concreto Tremie $f'c=280$ kg/cm².

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos.

2.1.1. Internacionales

Reyes y Yagual (2023) en su estudio “Diseño de mezclas de hormigón autocompactante con aditivos de base química en naftaleno y policarboxilato”. Tuvo como objetivo mejorar la trabajabilidad y la resistencia del concreto autocompactante con aditivos en La Libertad, Ecuador. Entre los resultados tuvo que la dosificación óptima de policarboxilato fue con el 1.5%, obteniendo como resultados un flujo de asentamiento de 70,5 cm, una capacidad de paso del hormigón de 5,08 pulgadas, una segregación estática del 4,94% y una resistencia a la compresión de 241,16 kg/cm² a los 28 días. De manera similar, el aditivo de base química en naftaleno, con una dosificación también del 1,5%, presentó un flujo de asentamiento de 47 cm, una capacidad de paso de 3,14 pulgadas, una segregación estática del 3,86% y una resistencia a la compresión de 236,68 kg/cm² a los 28 días. El estudio concluyó que la inclusión de estos aditivos químicos logra mejoras sustanciales en el comportamiento del hormigón autocompactante, tanto en términos de fluidez como de resistencia mecánica.

Abbas et. al. (2021) en su investigación “Effect of Admixtures on the Performance of Anti-washout Concrete”. Tuvo como propósito evaluar el impacto de los aditivos sobre las propiedades del hormigón anti deslave en Canadá. En sus resultados se observó que la adición de éteres de celulosa no iónicos, en proporciones que oscilan entre el 0,7% y el 1,0%, combinada con la inclusión de un reductor de agua de alto rango en dosis de entre el 5% y el 11%, y el mantenimiento de un 12% de humo de sílice, dio como resultado una mezcla de concreto con buena fluidez y alta resistencia al deslavado. Además, también se obtuvo que esta combinación de aditivos permitió mejorar significativamente el rendimiento del hormigón en entornos con alta exposición al agua, favoreciendo su estabilidad y durabilidad. Se concluyó que la incorporación de humo de sílice junto con zeolita natural contribuye a obtener un concreto de alta

calidad, resistente al deslavado, lo que sugiere que la mezcla óptima de estos materiales puede resultar en un concreto más robusto y eficiente.

Sagar y Mounika (2021) en su estudio “An experimental study on strength and durability characteristics of fibre reinforced self-compaction concrete”. Tuvo como objetivo experimentar sobre fuerza y características de durabilidad del concreto autocompactante reforzado con fibras en la India. Entre sus resultados tuvo que en estado fresco de SCC, cuando el porcentaje de fibras plásticas aumentó causó menor capacidad de flujo y capacidad de paso de las mezclas de contracción del hormigón autocompactante y que fue con la adición del 1% de fibras logra la máxima resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Concluyó que el uso de fibras mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

2.1.2. Nacionales

Irigoin (2022) en su estudio “Variación de la resistencia a compresión de un concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para ser vaciado dentro del agua usando cemento portland tipo MS con diferentes porcentajes del aditivo anti-deslave MasterMastrix® UW 450”. Tuvo como fin determinar el efecto del aditivo anti deslave en la resistencia del concreto bajo agua en Cajamarca. Los resultados mostraron una disminución de la resistencia a medida que se incrementaba la dosificación del aditivo, con reducciones de hasta 19.52% a los 7 días, 33.64% a los 14 días y 45.90% a los 28 días para la dosificación más alta. El estudio concluyó que, a mayor cantidad de aditivo, mayor es la pérdida de resistencia, lo que afecta la integridad del concreto en situaciones de vaciado bajo agua. Este antecedente es relevante para la presente investigación, ya que resalta cómo el uso de aditivos puede influir en la resistencia del concreto, un aspecto clave también en el contexto rural donde se utilizará concreto premezclado, y donde factores de calidad como la dosificación de aditivos deben ser controlados adecuadamente para garantizar la durabilidad de las estructuras.

Ramirez y Yupanqui (2021) en su estudio “Influencia de la adición de microsilice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave, Trujillo 2021”. El objetivo principal fue verificar cómo la inclusión

de un 15% de microsílíce y un 1.25% de aditivo superplastificante influía en las características del material en la ciudad de Trujillo. Los resultados mostraron una notable fluidez en las mezclas, alcanzando una capacidad de llenado de 618 mm, un índice de paso de 0.82 y una viscosidad de 14.04 segundos, lo que facilitó su colocación. Además, la resistencia a la segregación fue óptima, con un valor VSI de 0, evidenciando una gran cohesividad entre los componentes, lo que se tradujo en una mínima pérdida de finos del 1.12%. A los 28 días, el concreto logró una resistencia a la compresión de 631 kg/cm², destacando su efectividad en condiciones subacuáticas. En conclusión, los autores afirmaron que la adición de microsílíce y del aditivo superplastificante mejoró significativamente las propiedades del concreto antideslave.

Llantoy (2021) en su investigación “Comportamiento Físico Mecánico del Concreto Antideslave con Aditivo Euco Akua e Hiperplastificante para Zonas con Nivel Freático”. El objetivo principal del estudio fue evaluar el impacto de estos aditivos en la resistencia y el tiempo de fraguado del concreto en áreas con alto nivel freático en la ciudad de Huancayo. Los resultados indicaron un notable aumento en la resistencia a la compresión, con incrementos del 71.2% en el concreto curado en laboratorio y del 116.79% en el curado a temperatura ambiente, lo que demuestra que el uso de aditivos específicos puede mejorar significativamente la durabilidad del material. Además, se registraron reducciones del 40.31% y 41.06% en el inicio y el final del tiempo de fraguado, respectivamente, lo que sugiere que estos aditivos no solo optimizan la resistencia, sino que también aceleran el fraguado. En conclusión, Llantoy destacó que la adición de Euco Akua y el hiperplastificante mejora el comportamiento del concreto antideslave, ofreciendo soluciones efectivas para los desafíos en áreas con niveles freáticos elevados, lo que subraya la importancia de investigar y aplicar aditivos que aseguren la calidad y durabilidad del concreto en condiciones adversas.

2.1.3. Locales.

Se ha realizado una extensa búsqueda en los repositorios nacionales, y solo se han encontrado una investigación de los últimos 5 años que tienen relación directa con las variables de estudio de la presente investigación.

Córdova y Vega (2022) en su investigación “Concreto autocompactante con incorporación de aditivo superplastificante sika plast 306 y cenizas volantes”. Tuvo como fin determinar el efecto del aditivo superplastificante Sika Plast 306 y las cenizas volantes en la producción de concreto autocompactante en la ciudad de Jaén. El estudio reveló que, al utilizar cenizas volantes, se lograron cumplir los parámetros necesarios para obtener un concreto autocompactable. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión máxima se alcanzó con un 15% de cenizas volantes, registrando un valor promedio de 432.36 kg/cm², en contraste con la resistencia mínima del concreto patrón, que fue de 302.03 kg/cm². Estos hallazgos sugieren que la adición de Sika Plast 306, junto con las cenizas volantes, no solo mejora la trabajabilidad del concreto, sino que también permite obtener altas resistencias, lo que abre nuevas posibilidades para la aplicación de este tipo de concreto en proyectos de construcción donde se requiere un material de gran rendimiento y eficiencia. En conclusión, la investigación confirma que la combinación de aditivos superplastificantes y cenizas volantes puede ser una estrategia efectiva para optimizar las propiedades del concreto autocompactante, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia en el uso de materiales en la construcción.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Cantera

Cantera consiste en el aprovechamiento de suelos y rocas que encontramos en el suelo y que según su origen pueden ser aluviales de roca o de cerro que son normalmente explotadas con maquinaria a cielo abierto. Las canteras son las principales fuentes de abastecimiento de material agregado para la construcción de obras civiles, mayormente en la elaboración de concreto ya que, debe cumplir con ciertas propiedades y requisitos mínimos que se analizaran mediante ensayos, con la finalidad determinar si los agregados a emplear son o no aptos para el tipo de obra a ejecutar (Campos, 2017).

Suarez y Paredes (2020), indica que : Los agregados son materiales fundamentales que se extraen de canteras para formar diferentes tipos de mezclas. A lo largo de los procesos de extracción, manipulación y transporte, sus propiedades pueden sufrir modificaciones, lo que impacta en factores como la forma, el tamaño o la composición de las partículas. Al ser el componente principal en términos de volumen, los agregados juegan un papel decisivo en el concreto, ya que influyen tanto en su resistencia como en su durabilidad y manejo durante la construcción. Por ello, una adecuada selección y control de estos materiales es fundamental para asegurar que el concreto mantenga las propiedades necesarias para un rendimiento óptimo en las estructuras.

2.2.2. Agregados

Los agregados son materiales granulares e inertes que poseen su propia resistencia, y pueden ser el resultado de la trituración natural o artificial de diversas rocas. Estos materiales pueden variar en tamaño, desde partículas diminutas hasta fragmentos más grandes de piedra. Los tipos de agregados incluyen piedra triturada, grava y arena, y en la mayoría de los casos están formados por partículas individuales. En la mezcla de concreto, los agregados actúan como un refuerzo fundamental, aportando mayor resistencia al material. Generalmente, se dividen en dos categorías: agregados gruesos y finos. (Suarez y Paredes, 2020, p.30).

Por un lado, los agregados gruesos están compuestos por fragmentos de roca o piedra triturada, que se obtienen mediante la explotación de canteras o ríos, como es el caso de los cantos rodados. Por otro lado, los agregados finos incluyen partículas de menor tamaño, que oscilan entre 0.006 pulgadas y 3/16 pulgadas.

2.2.3. Agregado fino

El agregado fino está formado mayormente por partículas pequeñas, como arena, que deben cumplir con ciertos criterios técnicos establecidos en las normativas peruanas, como la MTC E.060 (2019). Estas partículas son las que logran pasar por el tamiz número 4, con una abertura de 4.75 mm. Su función principal es rellenar los espacios vacíos entre los agregados gruesos, lo que contribuye a la cohesión de la mezcla. Además, deben ser lo suficientemente finas para garantizar una buena adhesión con la pasta de cemento, asegurando así que el concreto tenga la resistencia y trabajabilidad necesarias. Esto es crucial para evitar problemas como fisuras o falta de durabilidad en las estructuras. También es importante que el agregado fino esté bien graduado para evitar una segregación en la mezcla que pueda afectar la calidad del concreto final.

De acuerdo con las normativas peruanas, se establecen los porcentajes mínimos que el agregado fino debe cumplir al pasar por cada tamiz para garantizar su calidad en las obras de construcción. Estas especificaciones son fundamentales para asegurar que el material utilizado ofrezca la resistencia y durabilidad adecuadas en las mezclas de concreto y otros elementos constructivos. La NTP 400.037 proporciona un marco de referencia detallado que asegura la uniformidad del agregado fino, evitando problemas como la segregación o una resistencia deficiente del concreto. A continuación, se presenta una tabla con los valores recomendados, de acuerdo con los tamices normalizados por la NTP 400.037. Estos valores aseguran que el material cumple con los estándares exigidos para su uso en la construcción.

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes mínimos que deben pasar por cada tamiz:

Tabla 1. *Requerimientos mínimos según la Norma Técnica Peruana NTP 4000.037 según el ensayo de granulometría para agregado fino*

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

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

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

2.2.4. Agregado grueso

El agregado grueso se define como el material que resulta de la desintegración, ya sea natural o mecánica, de rocas. Un aspecto fundamental para su clasificación es que debe quedar retenido en el tamiz de 4.75 mm (N°.4). Además, para ser considerado adecuado en la fabricación de concretos, este tipo de agregado debe cumplir con una serie de requisitos específicos en términos de granulometría y calidad, tal como lo establece la norma técnica peruana (N.T.P. 400.037, 2014). Estos criterios garantizan que el concreto logre las propiedades deseadas en cuanto a resistencia y durabilidad, factores esenciales en cualquier obra de ingeniería.

Los agregados gruesos deben estar formados por partículas limpias, libres de cualquier tipo de impurezas orgánicas o sustancias nocivas, y ser resistentes a la acción de los sulfatos. Es fundamental que estas partículas sean químicamente estables y no contengan productos químicos que puedan afectar

las propiedades del concreto. Idealmente, los agregados deben presentar un perfil angular, ser duros, compactos y poseer una textura rugosa, lo que contribuye a mejorar la adherencia con la matriz del concreto. Además, deben estar completamente libres de tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales que puedan alterar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. El cumplimiento de estas condiciones es indispensable para garantizar la calidad del material, tal como lo estipula la norma técnica peruana (N.T.P. 400.037, 2014), que regula las especificaciones para los agregados gruesos en la construcción de concretos.

La NTP 400.037 establece requisitos de gradación para el agregado grueso, el cual se refiere a partículas con un tamaño mayor a 4.75 mm (malla N°4), provenientes de la desintegración mecánica o natural de la roca.

El agregado grueso debe cumplir con los límites establecidos en la Tabla 2 según el tamaño especificado.

Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso según la Norma Técnica Peruana NTP 400.037

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota. Norma Técnica Peruana (2014).

2.2.5. Concreto

El concreto es un elemento heterogéneo resultante de mezclar áridos con la pasta que se obtiene al adicionar agua a un conglomerante, incluyéndose la incorporación de aditivos o adiciones, las cuales permiten que se desarrollen sus propiedades al hidratarse con el cemento. Para la obtención de la pasta el aglomerante puede ser cualquiera, pero cuando se hace alusión a hormigón o mortero, generalmente es un cemento y entre estos últimos, el más importante y habitual es el cemento Portland, el cual ha convertido al hormigón en el material de elección para la construcción de un gran número y variedad de estructuras (Consuegra y García, 2022).

El concreto es el material más utilizado en la industria de la construcción y su fabricación debe ser cuidadosa a fin de obtener la calidad deseada. El esfuerzo de compresión es habitualmente el parámetro de calidad a ser considerado en los proyectos de infraestructura física debido a su facilidad para ser medido. La calidad del hormigón no depende solamente en la dosificación utilizada (cantidad de agua, cemento y agregados) y en las propiedades de sus componentes; sino también, en los procesos de colocación, compactación y curado (Metha y Monteiro, 2014).

2.2.5.1. Componentes del concreto

El concreto es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (Reglamento Nacional de edificaciones, 2020)

A. Cemento: En sus inicios, el cemento Portland no era tan utilizado en la construcción a causa de su complejo proceso de fabricación y no fue sino hasta 1890 que se industrializó el proceso de producción gracias a la implementación de hornos rotatorios. El cemento Portland se compone por roca caliza y arcilla, en ocasiones se le agrega cal para mejorar sus propiedades. El cemento Portland crudo pasa por un

proceso de calcinación para producir “Clinker” para posteriormente ser molido y embolsado. (Metha y Monteiro, 2014)

B. Agregado fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8") (Reglamento Nacional de edificaciones, 2020).

C. Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (No 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas (Reglamento Nacional de edificaciones, 2020).

D. Agua: Dentro de las funciones que tiene el agua en el concreto es la de hidratar el cemento y dar inicio a una serie de reacciones químicas donde se combinan cemento-agua formando una pasta; este proceso es conocido como hidratación del cemento y tiene la función de ligar a todos los agregados en forma permanente una vez que ha fraguado y se ha endurecido (Segura et al., 2022).

E. Aditivo: Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades (Segura et al., 2022).

2.2.6. Concreto Tremie

Es un tipo material con características especiales, ya que se diseña con una consistencia fluida y alta cohesividad para que de este modo se disminuya la posibilidad de segregación. Este tipo de concreto es ideal para el vaciado de cimentaciones profundas tales como pilotes, muros pantalla y barretes, entre otros, donde se debe garantizar una mezcla homogénea a grandes profundidades, en elementos delgados y con una densidad importante de acero de refuerzo (Euclid Group Toxement, 2017).

Según el Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el concreto nos indica que:

El concreto ha experimentado una evolución considerable con el tiempo. Actualmente, su diseño no solo prioriza la resistencia mecánica, sino también la

durabilidad. La tendencia actual se orienta hacia la especificación de mayores resistencias y relaciones agua/cemento más reducidas. Esto implica una mayor dependencia de aditivos químicos, los cuales permiten compensar la disminución en el contenido de agua y evitar la pérdida de manejabilidad, asegurando además la estabilidad y la preservación del flujo. Sin embargo, estos aspectos pueden entrar en contradicción, ya que una estabilidad o conservación del flujo insuficientes afectan negativamente la trabajabilidad del concreto (2018, p. 20). La Figura 1 presenta la interacción entre los componentes del material, sus propiedades reológicas, sus características generales y el desempeño obtenido.

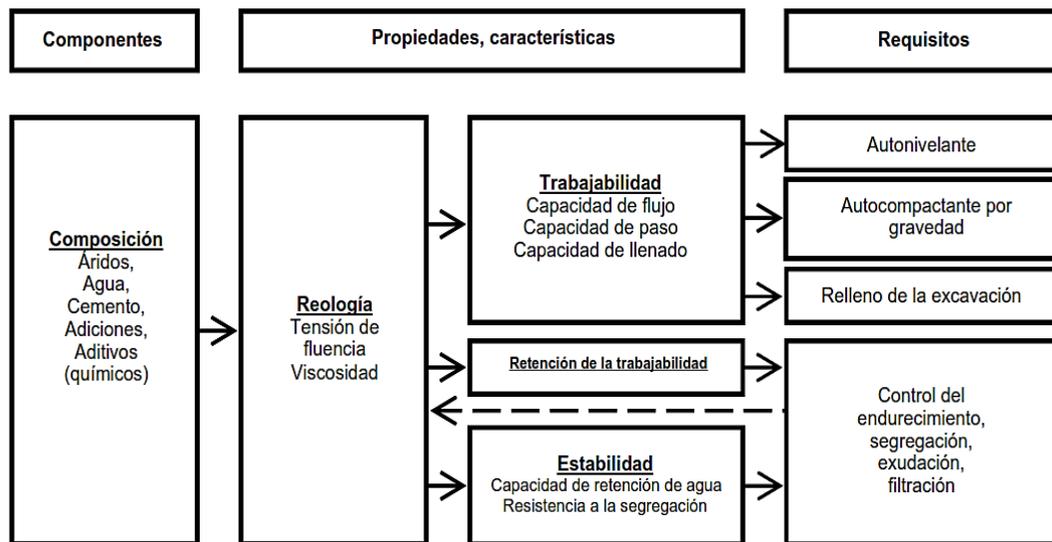
2.2.6.1. Componentes del concreto Tremie

A. Agregados: Se recomiendan los de forma redondeada y textura lisa, para ayudar a la manejabilidad. El TMN puede ser de hasta 1 1/2” en estructuras sin refuerzo, y de hasta 3/4” para estructuras reforzadas. Deben ser bien gradados, especialmente la arena, recomendándose entre 45 % y 55 % del volumen total, que facilite la manejabilidad y un terminado adecuado (Matallana, 2023).

B. Cemento: Su dosificación sea como mínimo de 350 kg/m³ de concreto, e incrementarse en un 25% respecto de la mezcla convencional, con el fin de no comprometer la resistencia ni la durabilidad. El empleo de materiales cementantes suplementarios, ayudan la manejabilidad, disminuye la permeabilidad y beneficia la resistencia y la durabilidad (Matallana, 2023).

C. Aditivos: Los aditivos contra el arrastre son efectivos, pues hacen que el concreto fluya cuando se mueve, pero su viscosidad aumenta cuando está en reposo. Los reductores de agua de alto rango o superplastificantes, actúan en beneficio de las mezclas en pro de la cohesividad y de la manejabilidad (Matallana, 2023).

Figura 1. Componentes, propiedades, características y requisitos del concreto Tremie



Nota. La Figura 1 presenta la interacción entre los componentes del material, sus propiedades reológicas, sus características generales y el desempeño obtenido.
Fuente: Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón, (2018)

2.2.7. Beneficios utilizar concreto Tremie

Según la conferencia de Argos (2020) utilizar concreto Tremie nos brinda los siguientes beneficios:

- Menor segregación gracias a su fluidez y posesividad
- El tiempo de manejabilidad puede ser extendido de acuerdo a las condiciones de la obra que se esté ejecutando
- Fácil y rápida colocación del concreto Tremie entre la estructura de acero.
- Es ideal para situaciones en las que se requiere vaciar concreto en ambientes sumergidos o pozos profundos, como cimentaciones, pilotes y estructuras marinas.
- Mayor durabilidad en ambientes sumergidos
- El método Tremie permite colocar grandes volúmenes de concreto de forma rápida y controlada, reduciendo los tiempos de construcción.

2.2.8. Propiedades del concreto Tremie

El concreto Tremie debe ser capaz de compactarse por su propio peso ya que este tipo de colocación se caracteriza por su difícil acceso y formas profundas, debe ser de alta manejabilidad, cohesiva, sin segregación ni exudación (Asociación Brasileira de Normas Técnicas, 2017).

2.2.8.1. Propiedades del concreto fresco (Trabajabilidad)

Muchas de las propiedades del concreto fresco están abocadas a la trabajabilidad, que es una característica del concreto que describe la facilidad y uniformidad con la que se realiza los procedimientos de mezclar, colocar, consolidar y el acabado final (Cueva y Herrera, 2023).

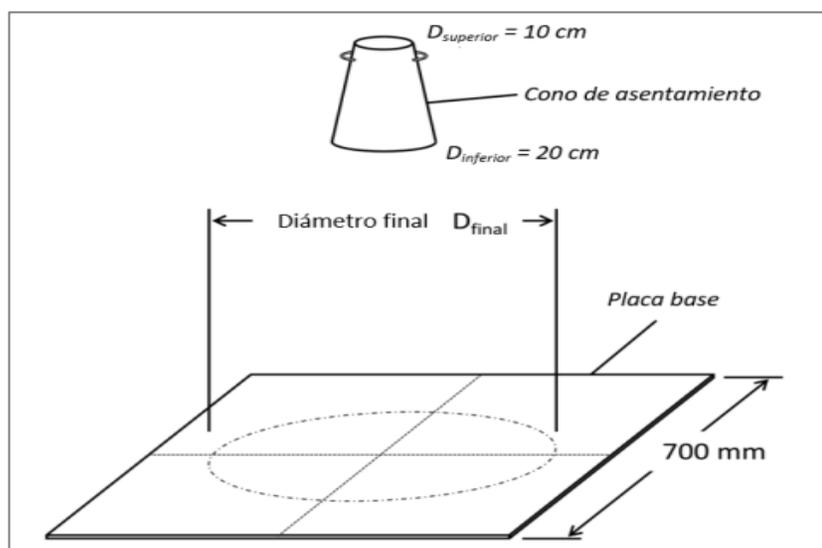
“El concreto fresco tiene un endurecimiento reversible, ya que recupera su fluidez al ser agitado. Esto ocurre porque, en reposo, las partículas se asientan y agrupan, mientras que su estructura se rompe al aplicarle esfuerzo cortante”. (Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón, 2018, p.22). Entre las propiedades de la trabajabilidad tenemos las siguientes:

a) Tasa de extensibilidad

La capacidad del concreto para fluir y extenderse por sí solo, aprovechando únicamente su propio peso. Esta propiedad es fundamental para determinar si el concreto puede ser colocado sin recurrir a equipos de vibración, lo que implica que su fluidez es suficiente para desplazarse adecuadamente entre las barras de refuerzo sin generar huecos ni vacíos. En otras palabras, asegura que el concreto pueda adaptarse y llenar completamente los espacios en la estructura, incluso en áreas con alta concentración de refuerzos, garantizando así la calidad y durabilidad del elemento final. Esta característica es particularmente relevante en el concreto autocompactante, donde se busca optimizar la colocación sin comprometer la resistencia ni la homogeneidad de la mezcla (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2017).

Este parámetro es clave para asegurar una correcta densificación en estructuras complejas, reduciendo al mínimo el riesgo de defectos como oquedades, que pueden afectar la integridad y vida útil de la construcción.

Figura 2. Equipo de ensayo para medir la extensibilidad



Nota. Este ensayo del escurrimiento o tasa de extensibilidad es una medida de la trabajabilidad y se relaciona directamente con la tensión a fluencia. Fuente: Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón (2018).

Según la ACSTM C1611 nos indica los parámetros para poder evaluar la mezcla según la tasa de extensibilidad.

Tabla 3. Rangos recomendados, tolerancias y frecuencias de ensayos de aceptación para el concreto fresco.

Ensayo	Rango recomendado para valor objetivo	Tolerancia en valor objetivo especificado	Ensayos de idoneidad y conformidad	Frecuencia de ensayos de aceptación
A1.1 Escurrecimiento	400 – 550mm	$\pm 50\text{mm}$	Obligatorios	Cada carga
A1.2 Velocidad de escurrimiento	10 – 50mm/s	$\pm 5\text{mm/s}$	Obligatorios	Min. 1 vez/semana

Nota. ACSTM C1611 (2015).

b) Capacidad de paso

La capacidad de paso informa sobre la capacidad del hormigón fresco para fluir, sin perder su uniformidad ni provocar bloqueos, a través de espacios confinados y discontinuidades geométricas, como zonas de alta densidad de armaduras y empotramientos. A la hora de definir la capacidad de paso es necesario considerar la geometría de la armadura y el elemento estructural a hormigonar (Asociación Brasileira de Normas Técnicas, 2017).

c) Capacidad de llenado

Capacidad de llenado se halla mediante la prueba de extensión de flujo, que es un procedimiento usado para determinar las características de flujo libre horizontal del concreto autocompactante en ausencia de obstrucciones. El ensayo de flujo de asentamiento nos permite determinar el grado de trabajabilidad del concreto autocompactante para evaluar su funcionalidad, siendo el caso de que se produzca un concreto sin la extensión mínima, significa que posee una pobre capacidad de llenado, quedaría limitada a encofrados simples sin cuantía de acero (Grupo de Proyecto Europeo (2006).

Según la ABNT NBR 15823-4 (Associação Brasileira de Normas Técnicas) nos indica los parámetros para poder evaluar la mezcla según la capacidad de llenado y capacidad de paso.

Tabla 4. *Clases de habilidad pasante por la caja L (bajo flujo confinado)*

Clase	Caja L ($H2/H1$)	Método de ensayo
PL1	$\geq 0,80$, con dos barras de acero	ABNT NBR 15823-4
PL2	$\geq 0,80$, con tres barras de acero	ABNT NBR 15823-4

La tabla presenta clases de habilidad pasante para una caja L bajo flujo confinado, con base en la relación $H2/H1H2$, que mide una característica geométrica o de flujo de la caja.

Clase PL1: Se refiere a cajas L con una relación H2/H1 mayor o igual a 0.80 y que contienen dos barras de acero.

Clase PL2: Similar a PL1, pero con tres barras de acero, lo que indica una mayor restricción o refuerzo en la estructura.

d) Índice de Estabilidad visual

El ensayo evalúa la segregación estática mediante la medición del contenido de agregados gruesos en la parte superior e inferior de las porciones de un espécimen cilíndrico o columna (Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón, 2018).

El Índice de Estabilidad Visual (VSI) es un método cualitativo utilizado para evaluar la estabilidad del concreto autocompactante, determinando su resistencia a la segregación. Este índice se basa en la observación visual de la mezcla después de su expansión en una superficie plana, identificando el grado de homogeneidad entre la pasta y los agregados.

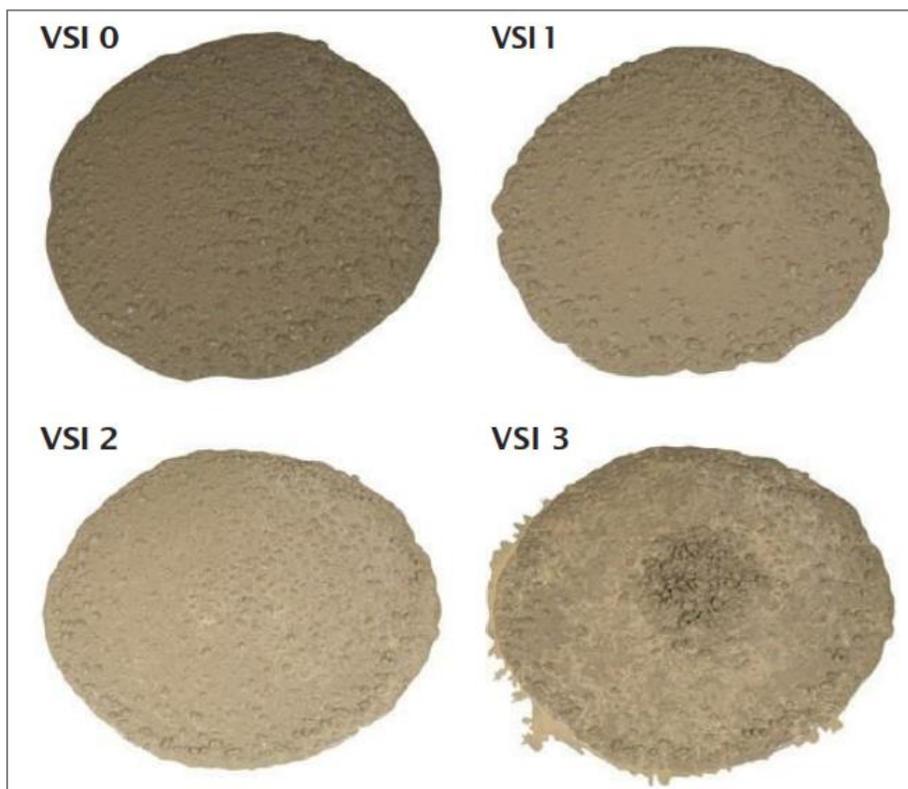
Los valores de VSI varían en una escala del 0 al 3, donde VSI 0 representa una mezcla completamente estable sin signos de segregación, y VSI 3 indica una mezcla con una segregación significativa de la pasta y los agregados. La correcta clasificación del concreto según su estabilidad es fundamental para garantizar su rendimiento en obra, evitando defectos en la estructura final.

Tabla 5. *Valores del VSI*

Valor VSI	Criterio
0 = Muy estable	No se aprecia segregación o exudación
1 = Estable	No se aprecia segregación; ligeros indicios de exudación observados en forma de “brillo” sobre la masa de hormigón
2 = Inestable	Ligero halo de mortero <10 mm (1/2”) y/o acumulación de áridos en el centro de la masa de Concreto.
3 = Altamente inestable	Segregación clara, apreciándose un gran halo de mortero >10 mm (1/2”) y/o una gran acumulación de áridos en el centro de la masa de concreto.

El ensayo consiste en evaluar la estabilidad estática visualmente y ubicarla según el tipo según la ilustración adjunta. En la siguiente imagen se muestran los índices de estabilidad visual (VSI) para evaluar.

Figura 3. Índice de Estabilidad Visual (VSI) del Concreto



Nota. Este ensayo muestra las clases de índice de estabilidad visual. Fuente: Grupo de Trabajo Conjunto EFC/DFI para el Hormigón (2018).

2.2.8.2. Propiedades del concreto endurecido

Las propiedades más significativas del concreto endurecido son su resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. La resistencia a la compresión evalúa la capacidad del material para soportar cargas sin sufrir fallas, siendo crucial en la construcción de columnas, muros y cimientos. En contraste, la resistencia a la flexión mide la habilidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción en su superficie, lo que es fundamental en elementos como vigas y losas, donde se combinan esfuerzos de compresión y tensión. Ambas características dependen de diversos

factores, como la relación agua/cemento, el tipo de agregados utilizados y la calidad del curado durante el endurecimiento (Metha y Monteiro, 2014).

a) Resistencia a compresión

Según Metha y Monteiro indican que “La resistencia del concreto es la propiedad mas importante por los diseñadores y por los ingenmiers de control de calidad”.(2014, p.33)

En el diseño del control de calidad del concreto, la resistencia a compresión es la propiedad más verificada en campo. Esto se debe a que, en comparación con otras características como la durabilidad o el módulo elástico, la resistencia es más sencilla de medir mediante ensayos directos y arroja resultados confiables en un corto periodo de tiempo. Además, la prueba de compresión es clave porque proporciona una referencia inmediata del comportamiento mecánico del concreto, permitiendo verificar si cumple con las especificaciones del diseño. La facilidad del procedimiento, junto con la disponibilidad de equipos como las prensas hidráulicas, hace que este ensayo sea el más utilizado para la aceptación o rechazo del concreto en obras civiles (Metha y Monteiro, 2014).

Se define como la propiedad mecánica que se determina con el máximo esfuerzo que se ejerce sobre una sección de una probeta cilíndrica determinada antes de alcanzar la falla. La aplicación máxima de la carga debe de representarse a los 7,14 y 28 días de curado, pues es un parámetro establecido que determina el desarrollo óptimo del concreto. La capacidad resistente del concreto está determinada en primera instancia por la relación w/c y distribución de los agregados en la pasta cementante (Huaquisto y Belizario, 2018).

2.2.9. Aditivos

Los aditivos son ingredientes que permiten modificar al concreto, mejorando sus propiedades y añadiendo otras nuevas, pudiendo alcanzar una mayor resistencia, durabilidad, trabajabilidad, etc. Los aditivos, a diferencia del cemento, los agregados y el agua, no son componentes esenciales de la mezcla

de concreto, son importantes y su uso se extiende cada vez más, por la aportación que hacen a la economía de la mezcla; por la necesidad de modificar las características del concreto de tal forma que éstas se adapten a las condiciones de la obra y a los requerimientos del constructor. La eficiencia de un aditivo depende de factores tales como: tipo, marca y cantidad del material cementante; contenido de agua; forma, granulometría y proporción de los agregados; tiempo de mezclado y temperatura del concreto (Gutiérrez y Camargo, 2021).

2.2.9.1. Aditivo hiperplastificante

Un aditivo hiperplastificante, conocido como superplasticizante, es un aditivo químico que permite reducir ampliamente el contenido de agua en el concreto o mantener la fluidez sin añadir agua adicional, mejorando la trabajabilidad, densidad y resistencia del concreto. Su mecanismo actúa principalmente mediante una mejor dispersión de las partículas de cemento, ya sea por interacción electrostática o por efecto estérico, lo que favorece una matriz más compacta y resistente (Huang et al., 2024).

a) Ecko – HP aditivo hiperplastificante

ECKO HP es un aditivo hiperplastificante de última generación en estado líquido, de alta reacción con el cemento, reductor de agua de alto poder que puede reducir más del 40 % dando buena resistencia en los diseños elaborados según la dosificación, ayuda al desarrollo de resistencia inicial y final del concreto. Ha sido diseñado especialmente para trabajos exigencia y concretos especiales como: auto consolidado, auto nivelante, premezclado, prefabricado, entre otros. También el producto tiene desempeño en la mantención de trabajabilidad para poder transportar la mezcla de un punto a otros, si desea darle mayor tiempo de mantención recomendamos el uso del Ecko Retard (retardante de fragua) (Industrias Ecko Perú, 2023).

2.3. Definición de términos básicos.

Concreto: Es una mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (Reglamento Nacional de edificaciones, 2020).

Cemento: Se compone por roca caliza y arcilla, en ocasiones se le agrega cal para mejorar sus propiedades. El cemento Portland se compone crudo pasa por un proceso de calcinación para producir “Clinker “para posteriormente ser molido y embolsado (Metha y Monteiro, 2014)

Agregado fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8”) (Reglamento Nacional de edificaciones, 2020).

Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (No 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas (Reglamento Nacional de edificaciones, 2020).

Tremie: Es un tipo de concreto colocado bajo el agua utilizando un tubo vertical llamado Tremie. Este método evita que el agua se mezcle con el concreto durante el vaciado, garantizando su calidad y resistencia. Se usa especialmente en cimentaciones, pilotes y estructuras sumergidas. (Euclid Group Toxement, 2017)

Resistencia a la compresión: La resistencia a compresión simple es la característica mecánica más significativa de un hormigón desde el punto de vista estructural. Se evalúa mediante ensayos normalizados utilizando probetas cilíndricas o cúbicas, refiriéndose a la capacidad de la mezcla o unidad de producto de hormigón para resistir fuerzas de compresión, esta resistencia se determina mediante ensayos de rotura a compresión en al menos dos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura (Macías, 2024).

Aditivo: Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades (Metha y Monteiro, 2014).

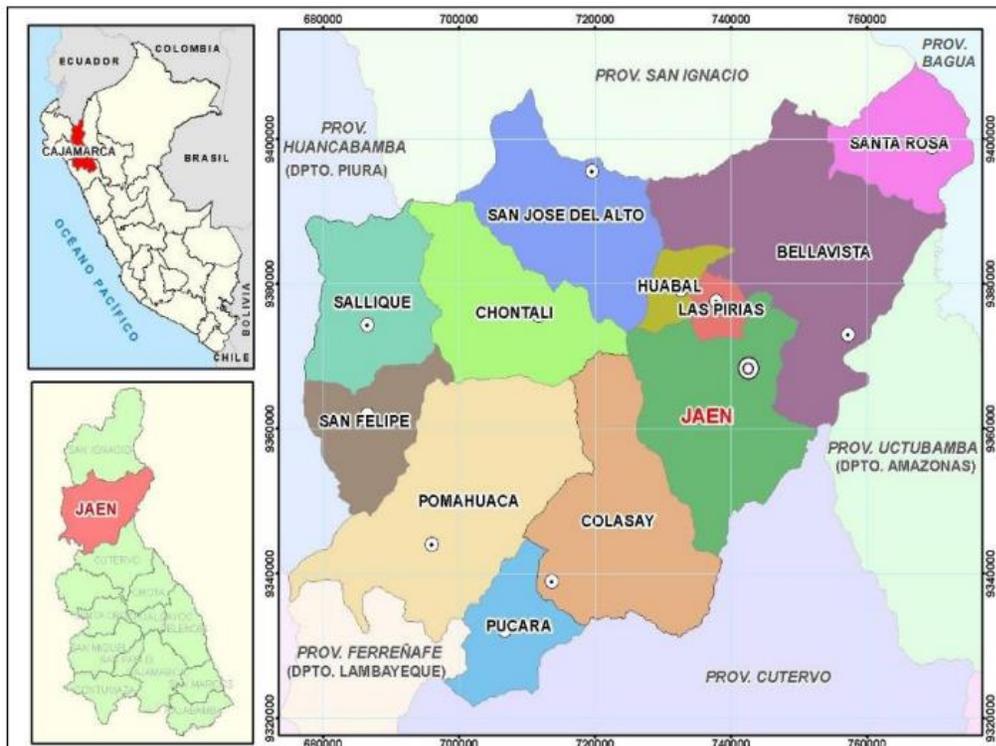
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del proyecto

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Jaén, ubicado en la provincia de Jaén, al norte de la región Cajamarca. Esta zona se caracteriza por su crecimiento urbano acelerado y la demanda constante de infraestructura habitacional, lo que hace imprescindible la evaluación de los materiales utilizados en la construcción.

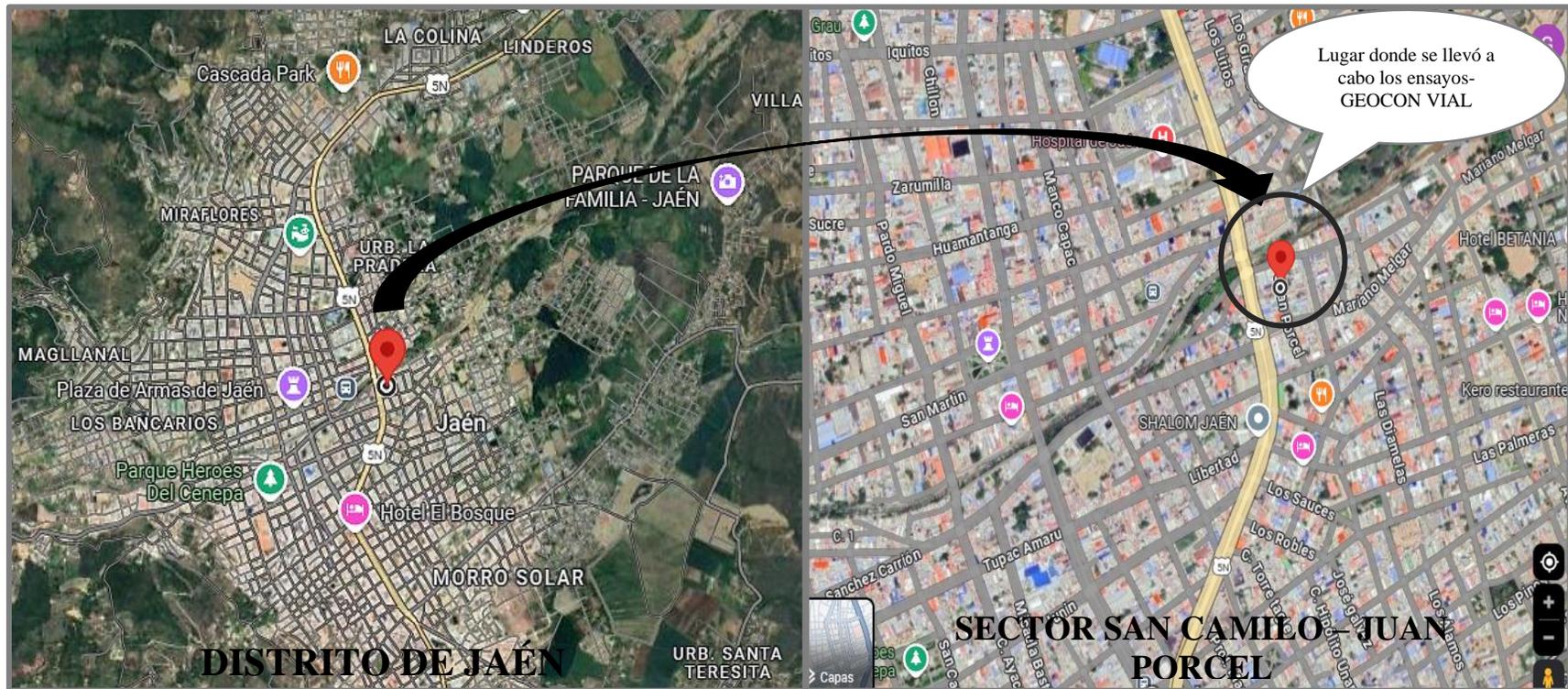
- ❖ Departamento: Cajamarca
- ❖ Provincia: Jaén
- ❖ Distrito: Jaén
- ❖ Sector San Camilo
- ❖ Calle Juan Porcel N°108

Figura 4. Ubicación de la investigación a nivel distrital



Nota. Ubicación geográfica de la zona, Distrito de Jaén. Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca (2020).

Figura 5 Ubicación y Localización donde se llevó a cabo la investigación en la ciudad de Jaén



Nota. Ubicación y localización del Sector san Camilo del distrito de Jaén. Fuente: Google Maps (2025).

3.2. Tiempo o época de la investigación

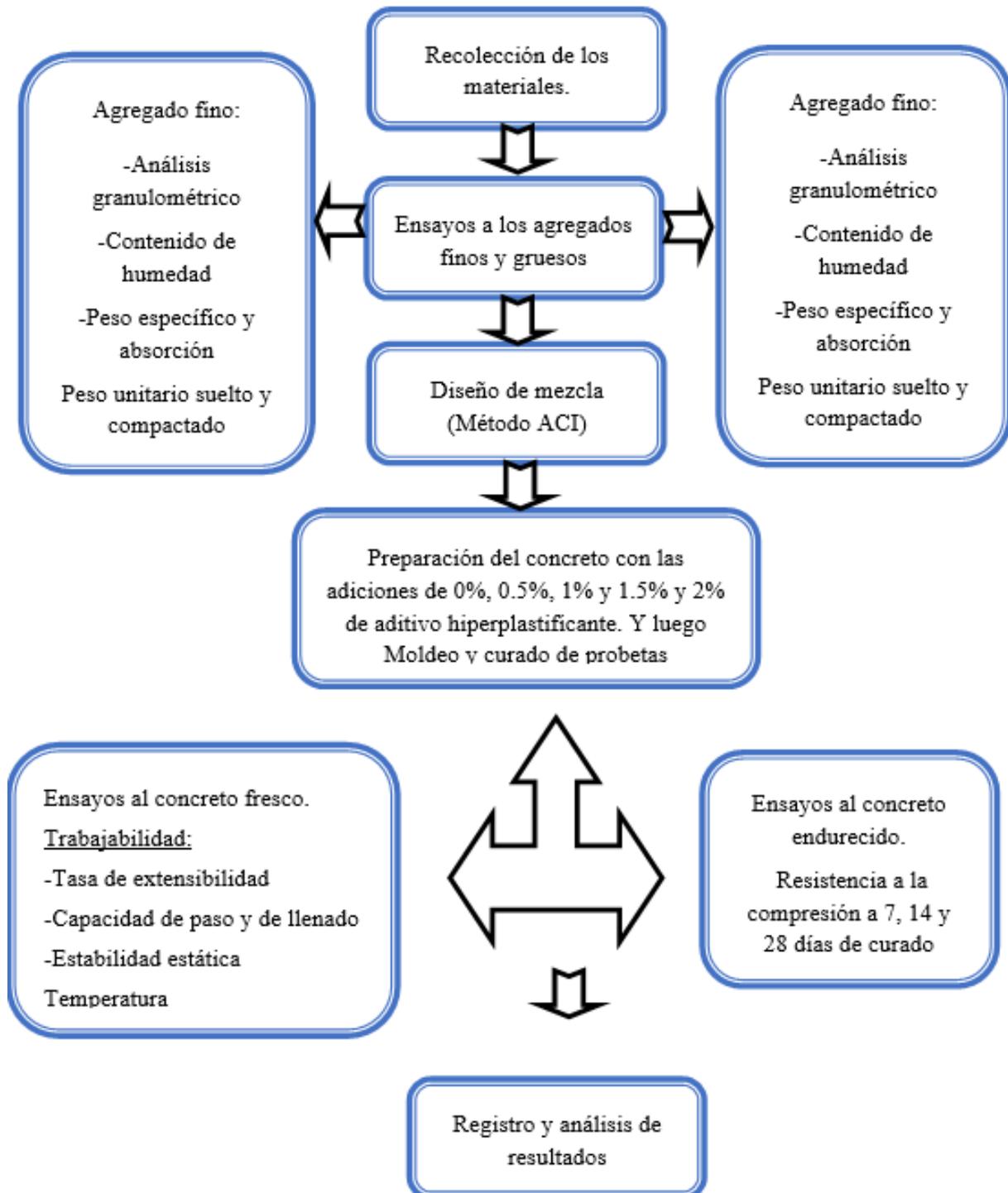
Esta investigación se llevó cabo durante el mes de diciembre del 2024, momento en el que se elaboraron los testigos de concreto necesarios y se ejecutaron los ensayos correspondientes para evaluar su resistencia a la compresión. En el proceso, se utilizó el aditivo hiperplastificante en diferentes proporciones: 0%, 1%, 1.5% y 2%, con el propósito de identificar su influencia en las propiedades mecánicas del material.

3.3. Clima

El clima en Jaén, Cajamarca, registra temperaturas muy elevadas, superando los 30 °C durante el día, con sensaciones térmicas aún más intensas debido a la alta humedad relativa, que ronda entre el 70% y 75%. Las noches, aunque más frescas, mantienen temperaturas cercanas a los 25 °C, sin ofrecer demasiado alivio. La nubosidad es parcial, y las lluvias son escasas, con probabilidades inferiores al 10%. La presión atmosférica permanece alrededor de 1012 hPa, y los vientos suaves del noroeste soplan entre 5 y 10 km/h.

3.4. Procedimiento

Figura 6. Esquema de los procedimientos realizados



3.4.1. Recolección de los materiales

Se recopilaron todos los materiales esenciales para la elaboración del concreto, asegurando que cada uno cumpla con las normativas técnicas vigentes. Entre estos se incluyen agregado fino (arena) y agregado grueso (grava), seleccionados y clasificados según su granulometría para garantizar la calidad de la mezcla. El cemento utilizado es tipo I, dependiendo de las condiciones ambientales del proyecto. Además, se incorporó un aditivo hiperplastificante ECKO HP en diferentes proporciones para mejorar la fluidez y trabajabilidad del concreto Tremie. Por último, se empleó agua limpia y libre de impurezas, fundamental para evitar reacciones no deseadas en la mezcla y asegurar la hidratación adecuada del cemento.

3.4.2. Ensayos a los agregados finos y gruesos (cantera Olano)

Se llevaron a cabo los ensayos necesarios a los agregados finos y gruesos para asegurar su calidad y contribuir a un diseño adecuado de la mezcla. Estos incluyeron el análisis granulométrico, que permite conocer la distribución del tamaño de las partículas; la medición del contenido de humedad, fundamental para ajustar correctamente el agua en la mezcla; y la determinación del peso unitario y peso específico, esenciales para calcular las proporciones de los materiales. También se evaluó la absorción de los agregados, asegurando que esta no altere la relación agua/cemento durante la preparación del concreto. A continuación, se detalla los ensayos realizados a los agregados finos y gruesos:

3.4.2.1. Agregado fino:

- ❖ Contenido de humedad (NTP 339.185)
- ❖ Análisis granulométrico (NTP 400.012).
- ❖ Peso específico y absorción de agregado fino (NTP 400.021).
- ❖ Peso unitario (NTP 400.017).

3.4.2.2. Agregado grueso:

- ❖ Contenido de humedad (NTP 339.185)
- ❖ Análisis granulométrico (NTP 400.012).

- ❖ Peso específico y absorción de agregado fino (NTP 400.021).
- ❖ Peso unitario (NTP 400.017).

3.4.3. Diseño de mezcla (Método ACI)

En el marco de esta investigación, se llevó a cabo el diseño de mezcla propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI), con el propósito de alcanzar una resistencia de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y un slump de 10 pulgadas. Para ello, se tomaron en cuenta los siguientes materiales, seleccionados y dosificados con base en las normativas, con el fin de garantizar la calidad y las propiedades deseadas en el concreto.

- Agua
Pe = 1000 kg/m³
- Cemento (Pacasmayo):
Tipo I
Peso específico 3.12 gr/cm³
- Agregados:
Agregado fino y grueso (las propiedades están descritas en la tabla 8)
- Aditivos (EKCOP HP)
Densidad = 1.13 gr/cm³
Porcentajes de 1%, 1.5% y 2%.

Para realizar el diseño de mezcla se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento según el método ACI.

- Calcular la resistencia promedio requerida (280 kg/cm^2).
- Medir el asentamiento del concreto.
- Establecer la relación agua cemento.
- Determinar la cantidad de agua y aire incorporado.
- Calcular la cantidad de cemento.
- Calcular el volumen de aire atrapado.
- Calcular la cantidad de agregado grueso.
- Calcular el volumen de concreto para obtener el agregado fino.
- Ajustar de acuerdo a la humedad obtenida de los agregados.

- Ajustar y corregir por el porcentaje de absorción de los agregados.
- Determinar el agua efectiva a utilizar.
- Elaborar el diseño teórico.
- Establecer las cantidades de cada material en peso.
- Establecer las cantidades de cada material en volumen.

3.4.4. Ensayos al concreto fresco

Se realizaron los siguientes ensayos al concreto fresco:

- Trabajabilidad de la mezcla:

La norma ASTM C1611 nos especifica los métodos que se realizaran al concreto fresco para monitorear la trabajabilidad, esta normativa establece criterios de calificación visual no obligatorios que se pueden usar para clasificar la capacidad de una mezcla de concreto hiperplastificante para resistir a la segregación.

De acuerdo con las propiedades requeridas para la trabajabilidad de la mezcla de concreto, se llevaron a cabo diversas pruebas para evaluar su comportamiento en condiciones de aplicación. En el caso del concreto Tremie, se realizaron las siguientes pruebas para verificar su trabajabilidad.

3.4.4.1. Tasa de extensibilidad (ASTM C1611)

- Paso 1. Se humedeció el cono hueco truncado de 300mm (12”) y la placa base.
- Paso 2. Se colocó el cono sobre la placa y se procedió a rellenar con la mezcla de concreto sin compactar.
- Paso 3. Se levantó el cono de manera constante antes de que se pasen 30 s desde su llenado en un tiempo de 1 y 3 s.
- Paso 4. Después de que la mezcla de concreto dejó de fluir, se midió dos veces el diámetro del material esparcido en ángulo recto redondeado hasta los 10 mm (0.4”) más cercanos y se registró el diámetro medio.

3.4.4.2. Capacidad de llenado y paso (ASTM C1611)

- Paso 1. Se humedeció el cono hueco truncado de 300mm (12”) y la placa base.
- Paso 2. Se colocó el cono sobre la placa y se procedió a rellenar con la mezcla de concreto sin compactar.
- Paso 3. Se levantó el cono de manera constante antes de que se pasen 30 s desde su llenado en un tiempo de 1 y 3 s.
- Paso 4. Al momento de levantar el cono, con la ayuda de un cronómetro con una precisión de 0.1s. se midió el tiempo que tardó la mezcla de concreto en esparcirse hasta el diámetro final.
- Paso 4. Se registró el valor arrojado.

3.4.4.3. Estabilidad visual VSI (ASTM C1611)

- Paso 1. Se humedeció el cono hueco truncado de 300mm (12”) y la placa base.
- Paso 2. Se colocó el cono sobre la placa y se procedió a rellenar con la mezcla de concreto sin compactar.
- Paso 3. Se levantó el cono de manera constante antes de que se pasen 30 s desde su llenado en un tiempo de 1 y 3 s.
- Paso 4. Al momento de levantar el cono, con la ayuda de un cronómetro con una precisión de 0.1. se midió el tiempo que tardó la mezcla de concreto en esparcirse hasta el diámetro final. Así mismo, se midió dos veces el diámetro del material esparcido en ángulo recto redondeado hasta los 10 mm (0.4”) más cercanos y se anotó el diámetro medio. As
- Paso 5. Se realizó la evaluación visual y se clasificó la resistencia a la segregación.

3.4.5. Elaboración de testigos de concreto

- Se eligieron moldes cilíndricos de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, que cumplieran con las especificaciones de la norma.

- Los moldes se limpiaron y se aplicó un agente desmoldante.
- El concreto preparado se vertió en los moldes en tres capas, cada una compactada con una varilla para eliminar posibles burbujas de aire.
- Se niveló la superficie superior de la mezcla para evitar imperfecciones.
- Los moldes fueron cubiertos con una lámina plástica para evitar la pérdida de agua.
- Los testigos se curaron en condiciones controladas de humedad y temperatura (normalmente a 23°C y 95% de humedad relativa) durante un período de 28 días, siguiendo las recomendaciones del ACI.

3.4.6. Ensayos al concreto endurecido

- Se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado.
- Se determina la resistencia promedio alcanzada y se compara con la resistencia promedio.

3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados

3.5.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.5.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se desarrollará es aplicada y multivariable, ya que se orienta a identificar necesidades y problemáticas específicas del contexto constructivo, para luego aplicar conocimientos técnicos y científicos con el fin de proponer soluciones prácticas (Castro et al., 2023). En este caso, se emplearán normas y fundamentos existentes para evaluar cómo la incorporación de un aditivo hiperplastificante influye en dos propiedades fundamentales del concreto Tremie con dosificación $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$: la resistencia a compresión y la trabajabilidad. Al analizar de forma simultánea ambas variables dependientes, se busca optimizar el diseño del concreto mediante el uso del aditivo, lo cual evidencia el carácter multivariable de la investigación. Así, el estudio aplica conocimientos existentes para mejorar el desempeño del material en

condiciones reales, cumpliendo con los principios de una investigación aplicada.

3.5.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es correlacional, puesto que este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular (Gómez, 2020). Deducimos que nuestro estudio fue correlacional, puesto que tuvo una relación entre las variables, al determinar la influencia del aditivo hiperplastificante en la resistencia a compresión y trabajabilidad del concreto Tremie $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

3.5.1.3. Diseño de la investigación

El diseño de una investigación experimental son investigaciones científicas destinadas a comprobar hipótesis y recopilar datos. Implican la manipulación de variables en un entorno controlado para observar y medir sus efectos. Estos estudios son cruciales para el avance del conocimiento científico y la comprensión del funcionamiento de diversos sistemas (Manterola y Otzen, 2015). Visto el concepto afirmamos que el estudio fue de tipo experimental debido a que se manipuló una variable independiente, como es el porcentaje de aditivo hiperplastificante (0%, 1%, 1.5% y 2%); seguido se observó su efecto sobre una variable dependiente (la trabajabilidad y la resistencia a compresión del concreto Tremie $f'c=280\text{kg/cm}^2$). Además, la realización de los ensayos fue en un ambiente de laboratorio bajo condiciones definidas (relación agua/cemento, tipo de agregado, dosificación según ACI) y se aplicó un diseño con grupos comparativos.

3.5.1.4. Método de la investigación

El enfoque de la investigación cuantitativa es aquella donde se recogen y analizan datos numéricos (Cadena et al., 2017). Al realizar

diversos ensayos en laboratorio se obtendrán resultados numéricos, es por ello que nuestro estudio fue de carácter cuantitativo.

3.6. Población de estudio

La población de estudio comprende el concreto Tremie $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

3.7. Muestra

La muestra estuvo conformada por 48 especímenes de concreto con incorporación de distintos porcentajes de aditivo hiperplastificante.

Según la Norma Técnica E0.60 considera como un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas de 6" de diámetro por 12" de altura o probetas cilíndricas de 4" de diámetro por 8" de altura moldeadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de $f'c$. Es por ello que para efectos del presente estudio se considerara 4 repeticiones para cada tratamiento para cada edad y/o ensayo.

Tabla 6. Unidades muestrales para la resistencia a compresión

Resistencia a diseño	Tratamientos	F'C a los 7 días	F'C a los 14 días	F'C a los 28 días
F' _c =280kg/cm ²	0%	F'C-1 / 0%	F'C-A / 0%	F'C-I / 0%
		F'C-2 / 0%	F'C-B / 0%	F'C-II / 0%
		F'C-3 / 0%	F'C-C / 0%	F'C-II / 0%
		F'C-4 / 0%	F'C-D / 0%	F'C-IV / 0%
		Promedio =	Prom. F'C-5 / 0%	Prom. F'C-E / 0%	Prom. F'C-V / 0%
	1%	F'C-1 / 1%	F'C-A / 1%	F'C-I / 1%
		F'C-2 / 1%	F'C-B / 1%	F'C-II / 1%
		F'C-3 / 1%	F'C-C / 1%	F'C-II / 1%
		F'C-4 / 1%	F'C-D / 1%	F'C-IV / 1%
		Promedio =	Prom. F'C-5 / 1%	Prom. F'C-E / 1%	Prom. F'C-V / 1%
	1.5%	F'C-1 / 1.5%	F'C-A / 1.5%	F'C-I / 1.5%
		F'C-2 / 1.5%	F'C-B / 1.5%	F'C-II / 1.5%
		F'C-3 / 1.5%	F'C-C / 1.5%	F'C-II / 1.5%
		F'C-4 / 1.5%	F'C-D / 1.5%	F'C-IV / 1.5%
		Promedio =	Prom. F'C-5 / 1.5%	Prom. F'C-E / 1.5%	Prom. F'C-V / 1.5%
	2.0%	F'C-1 / 2%	F'C-A / 2%	F'C-I / 2%
		F'C-2 / 2%	F'C-B / 2%	F'C-II / 2%
		F'C-3 / 2%	F'C-C / 2%	F'C-II / 2%
		F'C-4 / 2%	F'C-D / 2%	F'C-IV / 2%
		Promedio =	Prom. F'C-5 / 2%	Prom. F'C-E / 2%	Prom. F'C-V / 2%

Tabla 7. Unidades muestrales para la trabajabilidad

Trabajabilidad	Tratamientos	Tasa de extensibilidad (ASTM C1611)	Capacidad de llenado y paso (ASTM C1611)	Estabilidad visual VSI (ASTM C1611)
F' _c =280kg/cm ²	0%	TE -1 /0%	CLLP -1/0%	VSI -1 / 0%
	1%	TE -1 /1%	CLLP -1/1%	VSI -1 / 1%
	1.5%	TE -1 /1.5%	CLLP -1/1.5%	VSI -1 / 1.5%
	2.0%	TE -1 /2.0%	CLLP -1/2%	VSI -1 / 2%

3.8. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue la resistencia a compresión y trabajabilidad de un concreto $f^c=280$ kg/cm² Tremie², Jaén – 2024, al incorporar aditivo hiperplastificante.

3.9. Unidad de observación

Especímenes de concreto elaboradas con distintas proporciones de aditivo (0%, 1%, 1.5% y 2%).

3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.10.1. Técnicas de recolección de datos

Para la investigación se aplicó la técnica de la observación para la recolección de datos de los diversos ensayos de laboratorio.

3.10.2. Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de resistencia a compresión del concreto.
- Ficha de deformidad y tasa de extensibilidad.
- Ficha de capacidad de paso y de llenado.
- Ficha de estabilidad visual.

3.11. Presentación de resultados

Los resultados del laboratorio, que abarcaban desde las propiedades de los agregados hasta el diseño de la mezcla y las características del concreto (tanto en sus estados fresco como endurecido), se presentan de manera clara en tablas y gráficos. A continuación, se muestra los resultados de la investigación.

3.11.1. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Tabla 6. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Propiedades	Agregado fino	Agregado grueso
Tamaño máximo nominal	--	½ - HUSO 7
Peso específico de masa	2.67 gr/cm ³	2.73 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1594 kg/m ³	1418 kg/m ³
Peso unitario compactado	1701 kg/m ³	1535 kg/m ³
Contenido de humedad	2.5%	0.5%
Absorción	1.98%	0.46%
Módulo de finura	2.98	6.99
Abrasión	--	--
% que pasa malla N°200	2.1	---

3.11.2. Resultados del diseño de mezcla

Tabla 7. Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla patrón)

Materiales		Materiales corregidos por humedad	
Cemento (kg)	469.57	Cemento (kg)	469.57
Agua (lt)	216	Agua (lt)	211.38
Agregado fino seco(kg)	826.02	Agregado fino húmedo(kg)	846.67
Agregado grueso seco (kg)	816.62	Agregado grueso húmedo(kg)	820.7
Aire (%)	2.5	Aire (%)	2.5

Tabla 8. Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla con 1% de aditivo hiperplastificante EKCO HP)

Materiales		Materiales corregidos por humedad	
Cemento (kg)	422.61	Cemento (kg)	422.61
Agua (lt)	194.4	Agua (lt)	189.19
Agregado fino seco(kg)	923.87	Agregado fino húmedo(kg)	946.97
Agregado grueso seco (kg)	816.62	Agregado grueso húmedo(kg)	820.78
Aire (%)	2.5	Aire (%)	2.5
EKCO HP(lt)	4.23	EKCO HP(lt)	4.23

Tabla 9. *Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla con 1.5% de aditivo hiperplastificante EKCO HP)*

Materiales		Materiales corregidos por humedad	
Cemento (kg)	399.13	Cemento (kg)	399.13
Agua (lt)	183.6	Agua (lt)	177.81
Agregado fino seco(kg)	972.8	Agregado fino húmedo(kg)	997.12
Agregado grueso seco (kg)	816.62	Agregado grueso húmedo(kg)	821.11
Aire (%)	2.5	Aire (%)	2.5
EKCO HP(lt)	5.99	EKCO HP(lt)	5.99

Tabla 10. *Materiales para un metro cubico de concreto (mezcla con 2% de aditivo hiperplastificante EKCO HP)*

Materiales		Materiales corregidos por humedad	
Cemento (kg)	375.65	Cemento (kg)	375.65
Agua (lt)	172.8	Agua (lt)	166.59
Agregado fino seco(kg)	1021.73	Agregado fino húmedo(kg)	1047.27
Agregado grueso seco (kg)	816.62	Agregado grueso húmedo(kg)	821.27
Aire (%)	2.5	Aire (%)	2.5
EKCO HP(lt)	7.51	EKCO HP(lt)	7,51

3.11.3. Resultados de los ensayos al concreto fresco.

Tabla 11. *Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla patrón)*

Ensayos		Resultados
Tasa de extensibilidad (ASTM C1611)	Extensibilidad	288.5 mm
	Velocidad de escurrimiento	8.29 mm/s
Capacidad de llenado y paso (ASTM C1611)		-1mm
Estabilidad visual VSI (ASTM C1611)		-2

Nota. (1): No se pudo realizar dicho ensayo ya que la mezcla de concreto no logró extender en su totalidad.

Nota (2): No se pudo realizar el ensayo debido a que la mezcla de concreto no cumplió su recorrido o llenado en la caja L.

Tabla 12. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla con 1% de aditivo hiperplastificante ECKO)

Ensayos		Resultados
Tasa de extensibilidad (ASTM C1611)	Extensibilidad	523.5 mm
	Velocidad de escurrimiento	47.57 mm/s
Capacidad de llenado y paso (ASTM C1611)		0.84mm
Estabilidad visual VSI (ASTM C1611)		0

Tabla 13. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla con 1.5% de aditivo hiperplastificante ECKO)

Ensayos		Resultados
Tasa de extensibilidad (ASTM C1611)	Extensibilidad	681.5 mm
	Velocidad de escurrimiento	93.68 mm/s
Capacidad de llenado y paso (ASTM C1611)		0.79mm
Estabilidad visual VSI (ASTM C1611)		3

Tabla 14. Resultados de los ensayos al concreto fresco (mezcla con 2% de aditivo hiperplastificante ECKO)

Ensayos		Resultados
Tasa de extensibilidad (ASTM C1611)	Extensibilidad	723 mm
	Velocidad de escurrimiento	112.23 mm/s.
Capacidad de llenado y paso (ASTM C1611)		0.7mm
Estabilidad visual VSI (ASTM C1611)		2

3.11.4. Resultados de los ensayos al concreto endurecido

Los resultados de la prueba de compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado del concreto, tanto con patrón como con muestras a las que se les adicionaron proporciones de 1%, 1.5% y 2% de aditivo hiperplastificante (ECKO HP), se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 15. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla Patrón)

Diseño	Edad (días)	f'c (kg/cm ²)	Resistencia media (kg/cm ²)	Desviación Estándar	Coficiente Variación
Mezcla Patrón	7	217.7	219.01	5.27	0.024
		223.36			
		216.37			
		218.61			
Mezcla Patrón	14	243.33	240.615	4.8	0.02
		236.93			
		242			
		240.2			
Mezcla Patrón	28	302.26	298.548	7.023	0.024
		293.48			
		297.11			
		301.34			

Figura 7. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla patrón

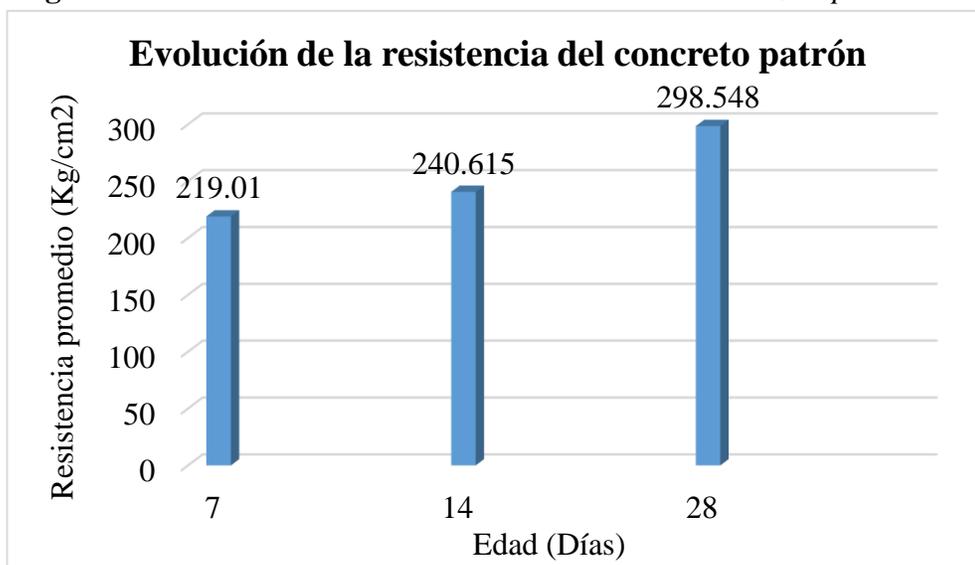


Tabla 16. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla + 1% de EKCO HP)

Diseño	Edad (días)	f'c (kg/cm ²)	Resistencia media (kg/cm ²)	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
Mezcla con 1% de aditivo	7	293.59	296.248	4.226	0.014
		294.77			
		298.14			
		298.49			
Mezcla con 1% de aditivo	14	330.12	332.188	2.914	0.009
		331.6			
		333.1			
		333.93			
Mezcla con 1% de aditivo	28	369.05	369.905	1.925	0.005
		369.11			
		370.03			
		371.43			

Figura 8. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla +1% EKCO HP

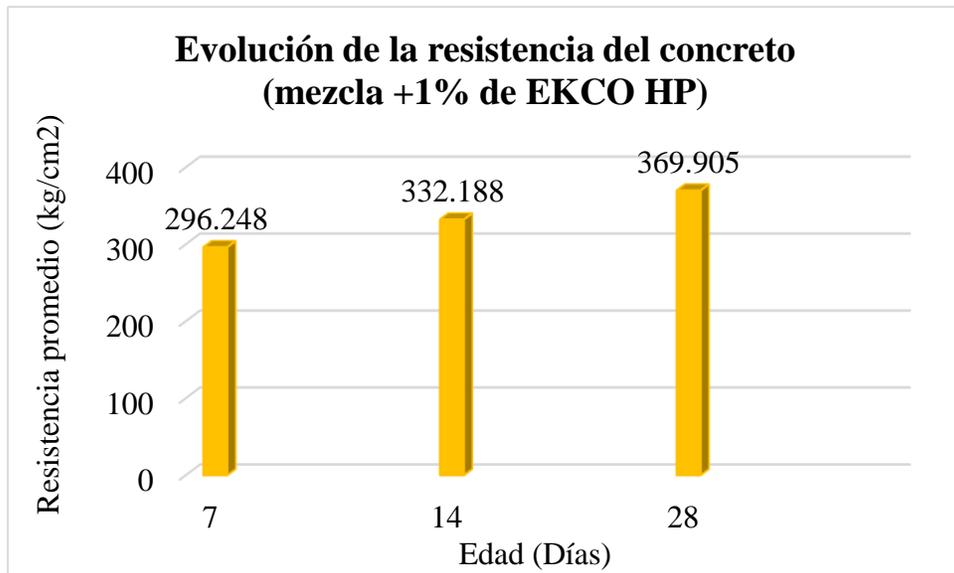


Tabla 17. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla + 1.5% de EKCO HP)

Diseño	Edad (días)	f'c (kg/cm2)	Resistencia media (kg/cm2)	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
Mezcla con 1.5% de aditivo	7	305	305.623	1.079	0.004
		305.42			
		305.59			
		306.48			
Mezcla con 1.5% de aditivo	14	342.49	345.403	3.59	0.01
		345.45			
		346.45			
		347.22			
Mezcla con 1.5% de aditivo	28	393.75	394.625	2.473	0.006
		393.98			
		394.01			
		396.76			

Figura 9. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla +1.5% EKCO HP

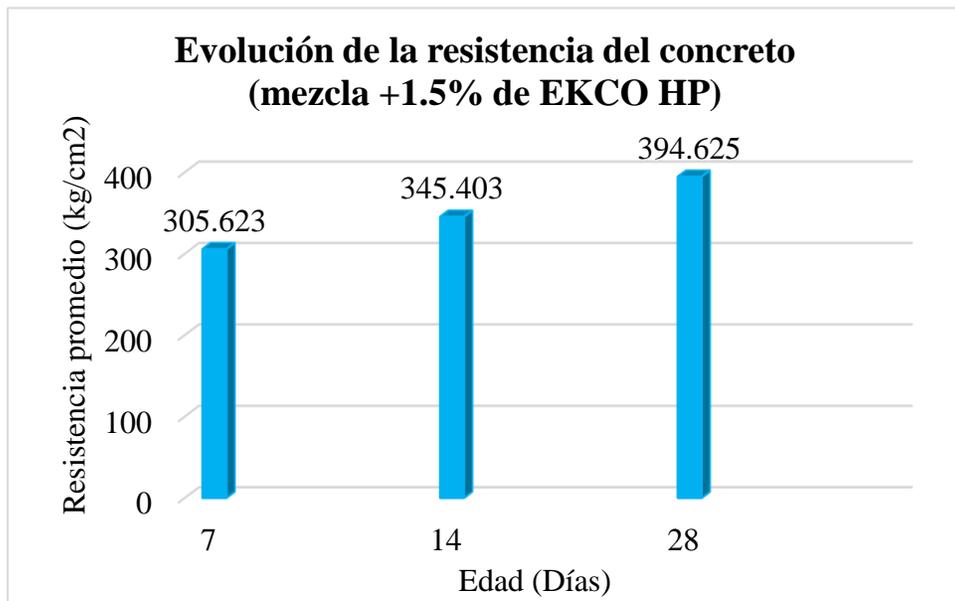


Tabla 18. Resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días de curado (Mezcla + 2% de EKCO HP)

Diseño	Edad (días)	f'c (kg/cm2)	Resistencia media (kg/cm2)	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
Mezcla con 2% de aditivo	7	296.38	299.778	5.182	0.017
		298.15			
		302.15			
		302.43			
Mezcla con 2% de aditivo	14	335.9	338.643	3.205	0.009
		339.16			
		339.7			
		339.81			
Mezcla con 2% de aditivo	28	385.71	387.06	1.619	0.004
		387.2			
		387.51			
		387.82			

Figura 10. Evolución de la resistencia del concreto de la mezcla +2% EKCO HP

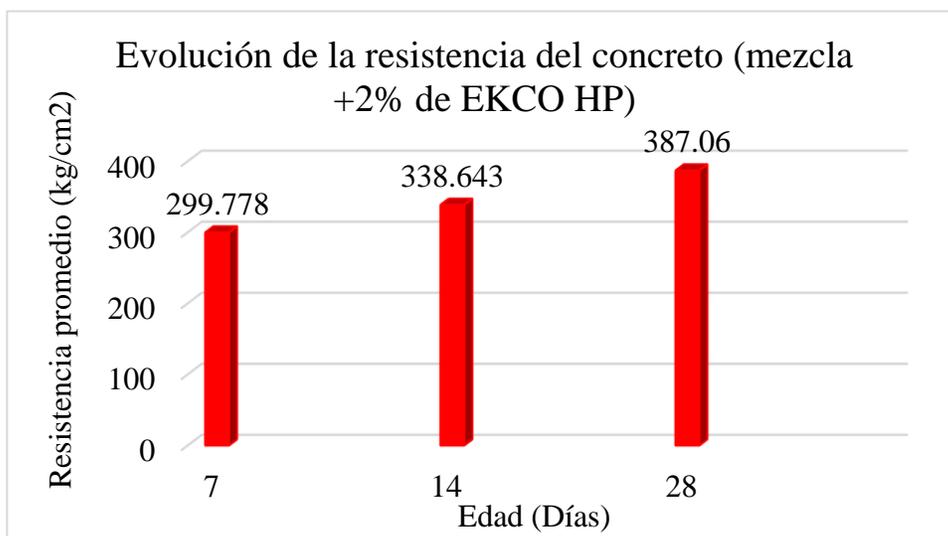


Tabla 19. Resistencia a la compresión del concreto a 7 días de curado

Muestra	F'c Promedio	%f'c
Mezcla patrón	219.01kg/cm2	-
Mezcla con 1% de aditivo	296.25 kg/cm2	35.27%
Mezcla con 1.5% de aditivo	305.62 kg/cm2	39.55%
Mezcla con 2% de aditivo	299.78 kg/cm2	36.88%

Figura 11. Resistencia a la compresión a 7 días de curado

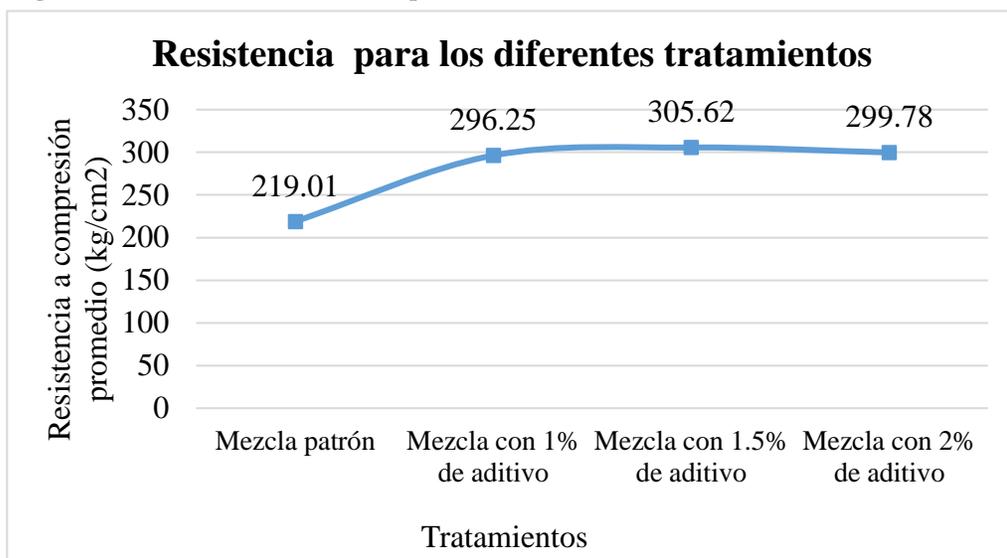


Tabla 20. Resistencia a la compresión del concreto a 14 días de curado

Muestra	F´C Promedio	%f´c
Mezcla patrón	240.62 kg/cm ²	-
Mezcla con 1% de aditivo	332.19 kg/cm ²	38.06%
Mezcla con 1.5% de aditivo	345.4 kg/cm ²	43.55%
Mezcla con 2% de aditivo	338.64 kg/cm ²	40.74%

Figura 12. Resistencia a la compresión a 14 días de curado

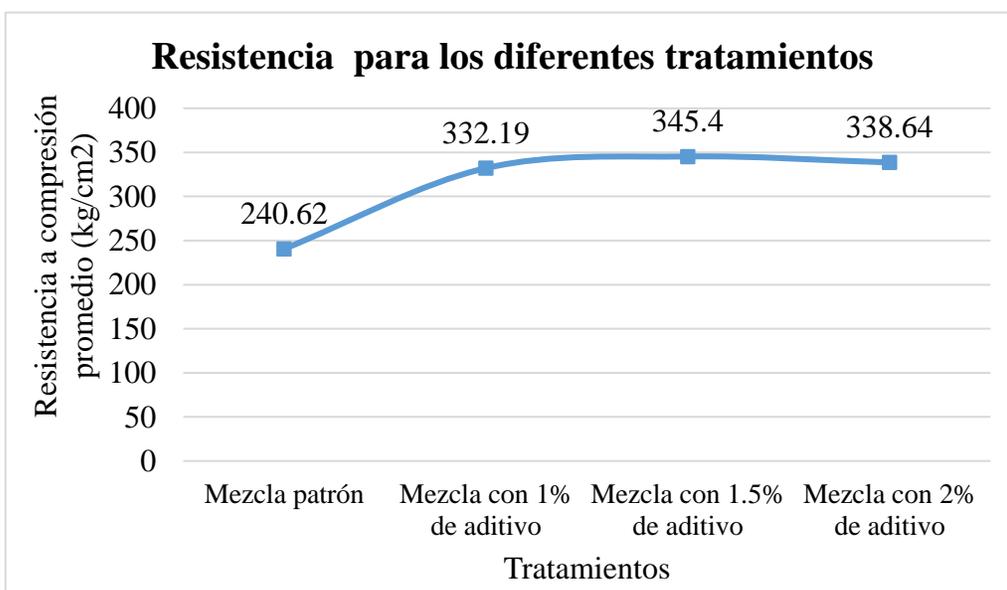


Tabla 21. Resistencia a la compresión del concreto a 28 días de curado

Muestra	F'C Promedio	%f'c
Mezcla patrón	298.55 kg/cm ²	-
Mezcla con 1% de aditivo	369.91 kg/cm ²	23.90%
Mezcla con 1.5% de aditivo	394.63 kg/cm ²	32.18%
Mezcla con 2% de aditivo	387.06 kg/cm ²	29.65%

Figura 13. Resistencia a la compresión a 28 días de curado

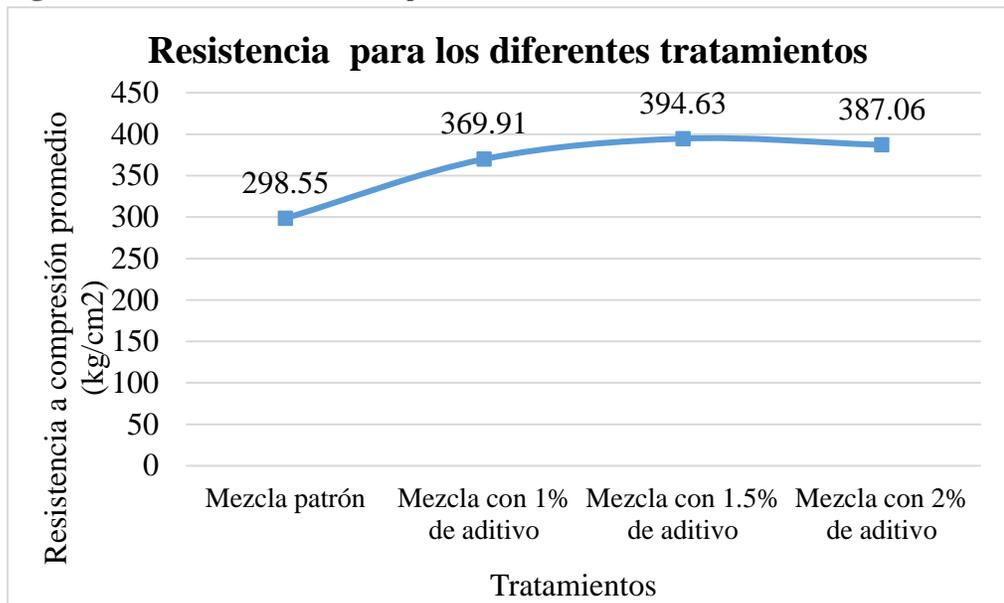
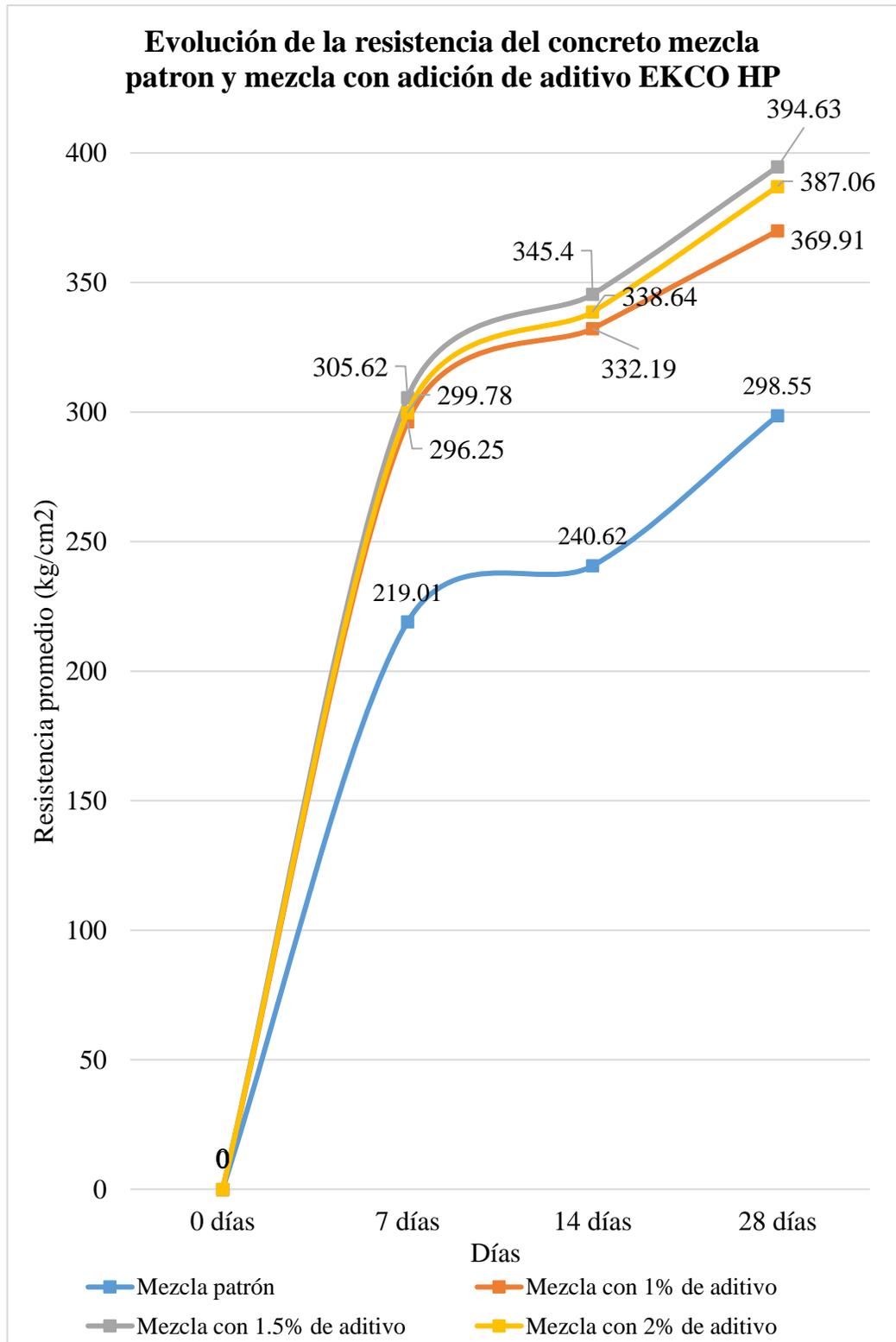


Figura 14. Evolución de la resistencia del concreto mezcla patrón y mezcla con adición de aditivo EKCO HP



CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Agregados

En la **Tabla 8** se detallan las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. El análisis de las características físicas y mecánicas de los agregados utilizados en la presente investigación permitió verificar su idoneidad para la elaboración de concreto Tremie. El agregado fino presentó un módulo de finura de 2.98, valor que se encuentra dentro del rango recomendado por la normativa técnica peruana (entre 2.3 y 3.1), lo cual indica una adecuada gradación que favorece la cohesión de la mezcla y reduce el riesgo de segregación. Además, su contenido de humedad fue de 2.5%, y su absorción de 1.98%, lo cual indica que el agregado fino es aceptable para ser utilizado en la mezcla de concreto Tremie. Por otro lado, el agregado grueso mostró un peso específico de 2.73 g/cm³, una absorción de 0.46% y un peso unitario compactado de 1535 kg/m³, lo que indica una baja absorción de agua. Asimismo, el tamaño máximo nominal del agregado fue de ½", correspondiente al huso 7, este huso se ajusta para estructuras densamente armadas, como lo requiere el concreto Tremie.

En general, las propiedades obtenidas cumplen con los rangos establecidos por la normativa técnica (ASTM y NTP), lo que garantiza que ambos agregados sean aptos para el diseño y ejecución de concreto Tremie, contribuyendo a su adecuada resistencia y trabajabilidad.

4.2. Trabajabilidad del concreto trime

De acuerdo con los resultados presentados en la **Tabla 13**, correspondientes al ensayo realizado sobre el concreto fresco de la muestra patrón, se obtuvo una tasa de extensibilidad de 288.5 mm y una velocidad de escurrimiento de 8.29 mm/s. Sin embargo, al comparar estos valores con los rangos recomendados establecidos en la **Tabla 5** que indican una extensibilidad entre 400 y 550 mm, y una velocidad de escurrimiento entre 10 y 50 mm/s, se concluye que la muestra patrón no cumple con los parámetros requeridos para asegurar un comportamiento adecuado del concreto fresco. Cabe indicar que los ensayos de capacidad de llenado y paso y estabilidad visual VSI, no se pudo realizar ya que la muestra no logro extenderse en su totalidad.

La **Tabla 14** presenta los resultados obtenidos en los ensayos realizados al concreto fresco con una adición del 1 % de aditivo EKCO HP. Se registró una tasa de extensibilidad de 523.50 mm y una velocidad de escurrimiento de 47.57 mm/s. Asimismo, se obtuvo una capacidad de llenado de 0.84 y una estabilidad visual clasificada como "ALTAMENTE INESTABLE".

Al contrastar estos valores con los rangos establecidos en las **Tablas 5, 6 y 7**, que proporcionan los criterios de evaluación para cada parámetro, se observa que tanto la tasa de extensibilidad como la velocidad de escurrimiento se encuentran fuera del intervalo recomendado según la **Tabla 5**. En cuanto a la capacidad de paso y llenado, los resultados se ajustan a los requisitos para ambas clases descritas en la **Tabla 6**. Respecto a la estabilidad visual, los datos indican que la mezcla tiene una segregación clara, ya que se aprecia que los agregados se ubicaron en el centro de la masa de concreto.

En la **tabla 15** se presentan los resultados obtenidos al realizar los ensayos al concreto fresco con una adición del 1.5 % de aditivo EKCO HP. Se registró una tasa de extensibilidad de 681.5 mm y una velocidad de escurrimiento de 93.68 mm/s. Asimismo, se obtuvo una capacidad de llenado de 0.79 y una estabilidad visual clasificada como "MUY ESTABLE"

Al contrastar estos valores con los rangos establecidos en las **Tablas 5, 6 y 7**, que proporcionan los criterios de evaluación para cada parámetro, se observa que tanto la tasa de extensibilidad como la velocidad de escurrimiento se encuentran dentro de los parámetros recomendados según la **Tabla 5**. En cuanto a la capacidad de paso y llenado, los resultados se ajustan a los requisitos para ambas clases descritas en la **Tabla 6**. Respecto a la estabilidad visual, los datos indican que la mezcla es muy inestable ya que no se separación de las partículas y exudación en la mezcla.

En la **tabla 16** se presentan los resultados obtenidos al realizar los ensayos al concreto fresco con una adición del 2 % de aditivo EKCO HP. Se registró una tasa de extensibilidad de 723 mm y una velocidad de escurrimiento de 112.23 mm/s. Asimismo, se obtuvo una capacidad de llenado de 0.70 y una estabilidad visual clasificada como "estable"

Al contrastar estos valores con los rangos establecidos en las **Tablas 5, 6 y 7**, que proporcionan los criterios de evaluación para cada parámetro, se observa que tanto la tasa de extensibilidad como la velocidad de escurrimiento se encuentran dentro de los parámetros recomendados según la **Tabla 5**. En cuanto a la capacidad de paso y llenado, los resultados no se ajustan a los requisitos para ambas clases descritas en la **Tabla 6**. Respecto a la estabilidad visual, el ensayo mostro que no existe segregación, si existe ligeros indicios de exudación ya que se aprecia películas de agua sobre la masa de concreto.

4.3. Resistencia a la compresión del concreto trime

En la **tabla 21, 22 y 23** se muestran los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días respectivamente de curado, donde se evidencia que el uso de aditivo hiperplastificante EKCO HP en el concreto Tremie $f'c=280$ kg/cm² tiene un impacto significativo en el desarrollo de la resistencia a compresión. El análisis comparativo de las diferentes dosificaciones muestra que el uso de este aditivo mejora sustancialmente el desempeño del concreto frente a la mezcla patrón (sin aditivo).

A los 7 días, se observa un incremento notable en la resistencia a compresión en todas las mezclas con aditivo, siendo la más alta la correspondiente al 1.5%, con un valor de 305.62 kg/cm², lo que representa un 39.55% más que la mezcla patrón (219.01 kg/cm²). Este resultado indica un mejor desarrollo inicial de resistencia gracias al hiperplastificante, el cual favorece la hidratación y cohesión del concreto. A los 14 días, las resistencias continuaron aumentando. La mezcla con 1.5% de aditivo nuevamente presentó el mejor desempeño (345.4 kg/cm²), con un incremento del 43.55% respecto a la mezcla sin aditivo (240.62 kg/cm²). Esto confirma que la dosificación óptima en cuanto a ganancia progresiva de resistencia se encuentra en torno al 1.5%. En cambio, la mezcla con 2% mostró una leve disminución con respecto a la de 1.5%, lo cual podría atribuirse a una posible sobresaturación del aditivo que afecta la relación agua/cemento, efectiva. Y finalmente, a los 28 días, todas las mezclas con aditivo superaron ampliamente la resistencia de diseño de 280 kg/cm², e incluso mejoraron significativamente la resistencia de la mezcla patrón (298.55 kg/cm²). La dosificación del 1.5% nuevamente alcanzó el mejor resultado

(394.63 kg/cm²), con un incremento del 32.18% frente a la mezcla sin aditivo. Esto demuestra que dicha proporción no solo optimiza la resistencia inicial, sino que garantiza un mejor desempeño a largo plazo.

En general, se observa una tendencia decreciente de mejora al superar el 1.5% de aditivo, lo que sugiere que dosis mayores no necesariamente implican un mayor beneficio estructural. En algunos casos, un exceso de hiperplastificante puede provocar segregación, exceso de fluidez y retraso en los tiempos de fraguado, lo cual debe considerarse en el diseño de mezclas.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Se concluye que los agregados utilizados en esta investigación presentan características físicas y mecánicas adecuadas para la producción de concreto Tremie. El agregado fino mostró un módulo de finura adecuado y buena capacidad de retención de humedad, mientras que el agregado grueso cumple con los requisitos de tamaño, peso específico y baja absorción, asegurando una mezcla cohesiva, trabajable y con potencial para desarrollar buena resistencia estructural.
2. Los resultados obtenidos en los ensayos de trabajabilidad, presentados en las Tablas 13, 14, 15 y 16, evidencian que la mezcla patrón no cumplió con las condiciones mínimas exigidas para ser considerada adecuada como concreto Tremie, debido a su deficiente trabajabilidad. Sin embargo, al utilizar el aditivo hiperplastificante EKCO HP se permite mejorar la trabajabilidad, alcanzando valores que se ajustan a los parámetros establecidos por las normativas técnicas aplicables. Al emplear en 1%, 1.5% y 2% la extensibilidad fue de 523.5 mm, 681.5mm y 723mm respectivamente; la velocidad de escurrimiento fue de 47.57mm/s, 93.68mm/s, 112.23mm/s. La Capacidad de llenado y paso fue de 0.84mm, 0.79mm y 0.7mm, y finalmente Estabilidad visual VSI fue de 0, 3 y 2.
3. La investigación evidenció que el aditivo hiperplastificante EKCO HP tiene un efecto positivo en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto Tremie $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, al ser empleado en proporciones de 1%, 1.5% y 2%. A los 28 días de curado, las resistencias promedio obtenidas fueron: 369.91 kg/cm^2 con 1%, 394.63 kg/cm^2 con 1.5%, y 387.06 kg/cm^2 con 2%. Estos resultados muestran que todas las dosificaciones con aditivo superaron la resistencia de diseño.
4. Al comparar los resultados de resistencia a compresión y trabajabilidad del concreto Tremie en porcentajes del 1%, 1.5% y 2% de aditivo hiperplastificante EKCO HP, la investigación evidenció que el aditivo hiperplastificante tiene un

efecto positivo en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto Tremie $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Las diferentes dosificaciones empleadas permitieron observar una tendencia de mejora en el desempeño mecánico del concreto, siendo la dosificación del 1.5% la que alcanzó la mayor resistencia a los 28 días. Asimismo, esta dosificación mostró el mejor desempeño, tanto en fluidez como en estabilidad, consolidándose como la proporción más eficiente para optimizar la trabajabilidad sin comprometer su homogeneidad, teniendo una estabilidad visual clasificada como "MUY ESTABLE", lo cual es fundamental para su colocación en condiciones especiales como vaciado bajo agua.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda realizar el ensayo de módulo de rotura con aditivo hiperplastificante EKCO HP para evaluar el comportamiento del concreto Tremie frente a esfuerzos de flexión, lo que es útil para elementos estructurales sometidos a cargas combinadas.
2. Se propone evaluar la resistencia a edades mayores, como 56, 90 y 120 días, para determinar el comportamiento a largo plazo y la ganancia progresiva de resistencia del concreto con aditivos.
3. Ampliar el estudio comparando diferentes tipos o marcas de aditivos hiperplastificantes con los mismos porcentajes del presente estudio, con el fin de determinar cuál ofrece el mejor desempeño en condiciones similares.
4. Complementar el estudio con ensayos de durabilidad (penetración de cloruros, absorción, carbonatación), considerando que el concreto Tremie suele usarse en estructuras expuestas a ambientes agresivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A., El-Wakil, E., El-Hassan, M., Abo-EL-Magd, N., Kilany, Y., & Abou. (2021). *Efecto de los aditivos sobre el rendimiento del hormigón antideslavado*. Conferencia anual de la Sociedad Canadiense de Ingeniería civil, Singapur.
- Argos. (diciembre de 2020). *Argos 360*. Obtenido de Argos sitio web: <https://www.360enconcreto.com/>
- Asociación Brasileira de Normas Técnicas. (2017). *Hormigón autocompactante Parte 1: Clasificación, control y recepción en estado fresco*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-do-estado-de-mato-grosso/concreto/nbr-15823-1-concreto-autoadensavel-classificacao- controle-e-recebimento-no-estado-fresco/74209482>
- Colmenares Mendez, D., & Loayza Ramos, B. (2023). *Diseño de mezcla de concreto antideslave con aditivo sika ViscoCrete 6090- PE para estructuras de cimentación en condiciones de presencia de agua debido al nivel freático alto en la ciudad de Trujillo, 2021*[Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/33130>
- Córdova Saavedra, C. R., & Vega Mejia, J. (2022). *Concreto Autocompactante con Incorporación de Aditivo Superplastificante Sika Plast 306 y Cenizas Volantes*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/renati/type#tesis>
- Cruzado Guevara, J. L., & Li Zavaleta, M. (2015). *Análisis Comparativo de la Resistencia de un Concreto Convencional teniendo como Variable el Agua utilizada en el Mezclado*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Privada Antenor Orrego.
- Cueva Cueva, N., & Herrera Atalaya, E. (2023). *Análisis de las propiedades del concreto autocompactante $f'c=280$ kg/cm² sustituyendo agregado grueso por agregado de concreto reciclado, Lima Metropolitana, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7839>

- Díaz Arteaga, L., & Torres Montero, J. (2020). *Publicación: Análisis de diferentes dosis de aditivos superplastificantes en las propiedades mecánicas de una mezcla de concreto hidráulico con base a diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso tipo silíceo*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Universidad de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/11486>
- Díaz Gonzales, J., & Soberón Sánchez, J. (2019). *Concreto Antideslave con Incorporación de Aditivos para Vaciado en Estructuras Bajo Nivel Freático Alto - Distrito De Jaén [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]*. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/250>
- Dirven, B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez, R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas vulnerables*. Lima: Colección Racso.
- Euclid Group Toxement. (2017). Guía básica para el concreto Tremie. Obtenido de https://www.toxement.com.co/media/3375/concreto_Tremie.pdf
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2020). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación para fines de demarcación Territorial de la Provincia de Jaén*: <https://dt.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/EDZ/jaen/doc/moriadescriptiva.pdf>.
- Grupo de Proyecto Europeo. (2006). *Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante*. Obtenido de <https://anfah.org/wp-content/uploads/pdf/articulo-tecnico-directrices-hac-febrero-2006-revision-1.pdf>
- Grupo de Trabajo Conjunto EFFC/DFI para el Hormigón. (2018). *Guía del hormigón Tremie en cimentaciones profundas*. Obtenido de https://www.ffc.org/content/uploads/2019/10/EFFC_DFI_Tremie_Concrete_Guide_2nd-Ed_2018_TRADUCIDO_Final.pdf
- Huang, R., Xu, L., Xu, Z., Zhang, Q., & Wang, J. (2024). A Review on Concrete Superplasticizers and Their Potential Applications for Enhancing the Performance

of Thermally Activated Recycled Cement. *Materials*, 17(17), 4170.
<https://www.mdpi.com/1996-1944/17/17/4170>

Industrias Ecko Perú. (2023). *ECKO - HP ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE*. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/tecnologia-del-concreto/hoja-tecnica-ecko-hp-aditivo-hiper-0plastificante-base-policarboxilato-ideal-para-concretos-autocompactantes/77535567>

Irigoin Idrogo, H. (2022). *Variación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para ser vaciado dentro del agua usando cemento portland tipo MS con diferentes porcentajes del aditivo anti-deslave MasterMastrix® UW 450* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4671>

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (1992). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Obtenido de Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

León Consuegra, L., & Rodríguez García, C. (2022). *Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte*. Revista de Arquitectura e Ingeniería. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>

Manterola, C., & Otzen, T. (2015). Estudios experimentales 2 parte: estudios cuasi-experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-95022015000100060&script=sci_arttext

Matallana, R. (2023). *El concreto: Fundamentos y nuevas tecnologías* [Libro electrónico]. Corona. <https://concreto.com/wp-content/uploads/2023/02/EL-CONCRETO-Fundamentos-y-nuevas-tecnologias..pdf>

Metha, P., & Monteiro, P. (2014). *Microestructura, Propiedades y Materiales*. Obtenido de Concreto.

- Norma Técnica Peruana (2014). *AGREGADOS. Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto*. <https://es.slideshare.net/slideshow/ntp-400-037-2014especificacionesagregados/176775996>
- Ramírez Gutiérrez, J., & Tapia Camargo, C. (2021). Aditivos especiales para concreto reforzado: Mejoramiento de las propiedades físicas del concreto por medio de aditivos especializados. *Jovenes en la ciencia*. Obtenido de <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articloe/view/3265>
- Salazar, R. (2013). *Importancia del concreto como material de construcción*.
- Wilkes, C., Kumar, K., & Biscontin, G. (2023). Investigating the thixotropic behaviour of Tremie Concrete using the Slump-flow test and the Material Point Method. *Cement and Concrete Composites*, 143, 105222. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946523002962>

ANEXOS

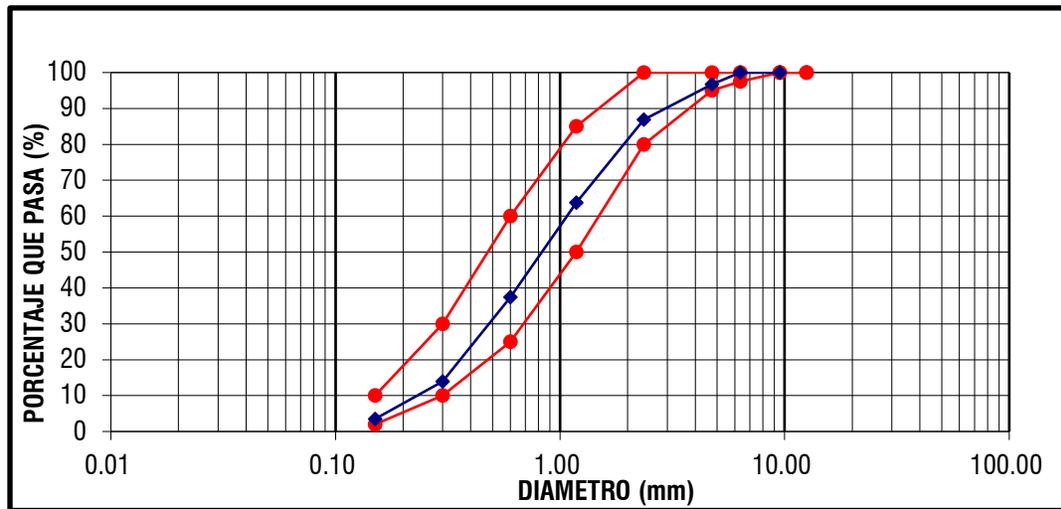
7.1. Ensayos al agregado fino y grueso

Tabla 22. Análisis Granulométrico del Agregado fino

Peso seco inicial = 525.62

N°	TAMIZ	P.RET PARCIAL	PORCENT RET. PARCIAL	PORCENTAJE RET. ACUM	% QUE PASA
	ABERTURA (mm)				
1/4"	6,35	0,00	0,00	0,0	100
N° 4	4,75	22,12	3,26	3,3	96
N° 8	2,36	66,88	9,86	36,2	83
N° 16	1,18	156,81	23,11	62,6	73
N° 30	0,60	179,10	26,39	86,0	50
N° 50	0,30	159,03	23,43	81,6	18
N° 100	0,15	77,01	10,46	96,5	4
N° 200	0,075	9,70	1,43	97,9	2
Cazoleta	--	13,97	2,06	100,0	0
TOTAL		678,62			
Módulo de finura		2.98			

Figura 15. Curva granulométrica de agregado fino



D60 =	1,10	D30 =	0,49	D10 =	0,23
	Cu =	4,78	Cc	0,95	

Tabla 23. *Peso unitario suelto del agregado fino*

ENSAYO N.º	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	4182,00	4182,00	4182,00
Peso del recipiente + material (gr.)	8642,00	8647,00	8650,00
Peso del material (gr.)	4460,00	4465,00	4468,00
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m ³)	1593	1595	1596
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =		1594	Kg/m³

Tabla 24. *Peso unitario compactado del agregado fino*

ENSAYO N.º	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	4242,00	4242,00	4242,00
Peso del recipiente + material (gr.)	9005,00	9006,00	9003,00
Peso del material (gr.)	4763,00	4764,00	4761,00
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m ³)	1701	1701	1700
P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO =		1701	Kg/m³

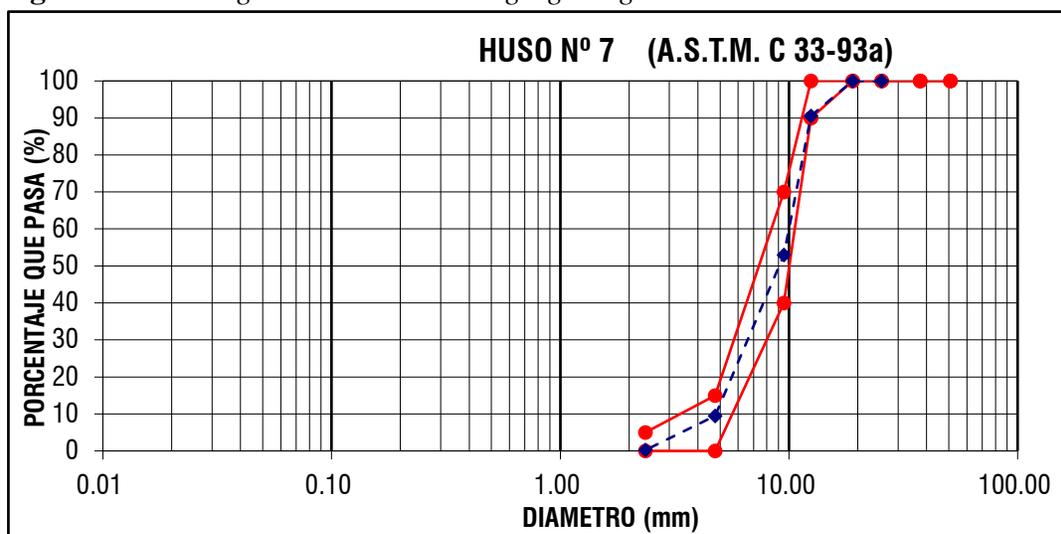
Tabla 25. *Gravedad específica y absorción del agregado fino*

ENSAYO N.º	1	2	3	Promedio
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) a	490,3	490,3	490,3	
Peso del picnómetro lleno de agua (gr) b	885	883	886	
Peso total del picnómetro aforado con muestra y lleno de agua (gr) c	1200	1199	1201	
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	500	500	500	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm³) =	2,65	2,66	2,65	2,66
ABSORCION (%) =	1,98	1,98	1,98	1,98

Tabla 26. Análisis granulométrico del agregado grueso.

N°	TAMIZ	P.RET PARCIAL	PORCENT	PORCENTAJE	% QUE PASA
	ABERTURA (mm)		RET. PARCIAL	RET. ACUM	
2"	50,80	0,0	0,00	0,0	100,00
1 ½"	37,50	0,0	0,00	0,0	100,00
1"	25,40	0,0	0,00	0,0	100,00
¾"	19,00	0,0	0,00	0,0	100,00
½"	12,50	547,0	9,47	9,5	90,53
3/8"	9,50	2166,0	37,50	47,0	53,03
¼"	6,35	2515,0	43,54	90,5	9,49
N° 4	4,75	534,0	9,25	99,8	0,24
N° 8	2,36	0,0	0,00	99,8	0,24
N° 16	1,18	0,0	0,00	99,8	0,24
N° 30	0,60	0,0	0,00	99,8	0,24
N° 50	0,30	0,0	0,00	99,8	0,24
N° 100	0,15	0,0	0,00	99,8	0,24
N° 200	0,075	0,0	0,24	100,0	0,00
Cazoleta	--	14,0			
TOTAL		5776,0	0,0	0,00	0,0
Módulo de finura		6.99			

Figura 16. Curva granulométrica del agregado grueso



D60 =	10,00	D30 =	6,60	D10 =	4,80
	Cu =	2,08	Cc =	0,91	

Tabla 27. *Peso unitario suelto del agregado grueso*

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	7785	7785	7785
Peso del recipiente + material (gr.)	20945	20983	20986
Peso del material (gr.)	13160	13198	13201
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m ³)	1415	1419	1419
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =		1418	Kg/m³

Tabla 28. *Peso unitario compactado del agregado grueso*

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	7785	7785	7785
Peso del recipiente + material (gr.)	21793	21712	21744
Peso del material (gr.)	14008	13927	13959
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m ³)	1506	1498	1501
P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO =		1535	Kg/m³

Tabla 29. *Gravedad específica y absorción del agregado grueso*

ENSAYO N°	1	2	3	Promedio
Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) a	4967	4970	4978	
Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr) b	4990	4993	5001	
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr) c	3170	3180	3181	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2,73	2,74	2,74	2,74
ABSORCION (%)	0,46	0,46	0,46	0,46

7.2. Ensayos al concreto fresco - mezcla patrón.

Figura 17. Mezcla Patrón



Nota. Se muestra el concreto fresco de la muestra patrón, no fue posible realizar los ensayos de capacidad de llenado, capacidad de paso, y también el índice de capacidad visual. Esto debido a que la mezcla de concreto no se logró extender.

Tabla 30. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla patrón)

TASA DE EXTENSIBILIDAD (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823)					
EXTENSIBILIDAD			VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO		
Diámetro 1:	287,00	mm	Distancia Recorrida Final (mm)	288,50	mm
Diámetro 2:	290,00	mm	Tiempo transcurrido Final (s)	5,34	s
Diámetro Prom. :	288,50	mm	Velocidad de Esgurrimento (mm/s)	8,29	mm/s

Nota. La mezcla no logro extenderse en su totalidad.

Tabla 31. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla patrón)

CAPACIDAD DE LLENADO Y PASO (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823-4)	
L-BOX (Caja L)	
Altura 1 (H1)	- mm
Altura 2 (H2)	- mm
H2/H1	- mm

Nota. No se pudo realizar el ensayo debido a que la mezcla de concreto no cumplió su recorrido o llenado en la caja L

Tabla 32. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla patrón)

ESTABILIDAD VISUAL VSI (ASTM C1611)			
VALOR VSI	CRITERIO	VSI RESULTANTE	IMAGEN
0 = MUY ESTABLE	No se aprecia segregación o exudación	VSI 0	--
1 = ESTABLE	No se aprecia segregación; ligeros indicios de exudación observados en forma de "brillo" sobre la masa de hormigón	VSI 1	
2 = INESTABLE	Ligero halo de mortero <10 mm (1/2") y/o acumulación de áridos en el centro de la masa de Concreto.	VSI 2	
3 = ALTAMENTE INESTABLE	Segregación clara, apreciándose un gran halo de mortero >10 mm (1/2") y/o una gran acumulación de áridos en el centro de la masa de concreto.	VSI 3	

Nota. No se pudo medir el ensayo, debido a que la mezcla de concreto no se logró extender en su totalidad.

7.3. Ensayos al concreto fresco mezcla + 1% de aditivo hiperplastificante.

Figura 18. DISEÑO $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 1\% \text{ HIPERPLASTIFICANTE}$



Nota. Al realizar los ensayos a la mezcla de concreto con la incorporación del 1% de aditivo hiperplastificante se evidencia que se pudo realizar las pruebas de trabajabilidad; sin embargo, los resultados obtenidos aún no se encuentran dentro de los rangos exigidos por las normativas.

Tabla 33. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla + 1% Hiperplastificante)

TASA DE EXTENSIBILIDAD (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823)					
EXTENSIBILIDAD			VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO		
Diámetro 1:	522,00	mm	Distancia Recorrida Final (mm)	523,50	mm
Diámetro 2:	525,00	mm	Tiempo transcurrido Final (s)	3,40	s
Diámetro Prom. :	523,50	mm	Velocidad de Ecurrimiento (mm/s)	47,57	mm/s

Nota. La mezcla no logro extenderse en su totalidad.

Tabla 34. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla + 1% Hiperplastificante)

CAPACIDAD DE LLENADO Y PASO (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823-4)		
L-BOX (Caja L)		
Altura 1 (H1)	25	mm
Altura 2 (H2)	21	mm
H2/H1	0.84	mm

Tabla 35. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla + 1% Hiperplastificante)

ESTABILIDAD VISUAL VSI (ASTM C1611)			
VALOR VSI	CRITERIO	VSI RESULTANTE	IMAGEN
0 = MUY ESTABLE	No se aprecia segregación o exudación	VSI 0	--
1 = ESTABLE	No se aprecia segregación; ligeros indicios de exudación observados en forma de "brillo" sobre la masa de hormigón	VSI 1	---
2 = INESTABLE	Ligero halo de mortero <10 mm (1/2") y/o acumulación de áridos en el centro de la masa de Concreto.	VSI 2	---
3 = ALTAMENTE INESTABLE	Segregación clara, apreciándose un gran halo de mortero >10 mm (1/2") y/o una gran acumulación de áridos en el centro de la masa de concreto.	VSI 3	

Nota.: La mezcla es altamente inestable.

7.4. Ensayos al concreto fresco mezcla + 1.5% de aditivo hiperplastificante.

Figura 19. DISEÑO $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\% \text{ HIPERPLASTIFICANTE}$



Nota. Al realizar los ensayos a la mezcla de concreto con la incorporación del 1.5% de aditivo hiperplastificante se evidencia que se pudo realizar las pruebas de trabajabilidad; Y los resultados se ajustan a los rangos establecidos por las normativas.

Tabla 36. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla + 1.5% Hiperplastificante)

TASA DE EXTENSIBILIDAD (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823)					
EXTENSIBILIDAD			VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO		
Diámetro 1:	680,00	mm	Distancia Recorrida Final (mm)	681,50	mm
Diámetro 2:	683,00	mm	Tiempo transcurrido Final (s)	2,57	s
Diámetro Prom. :	681,50	mm	Velocidad de Escurrimiento (mm/s)	93,68	mm/s

Nota. La muestra si logro extenderse en su totalidad.

Tabla 37. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla + 1.5% Hiperplastificante)

CAPACIDAD DE LLENADO Y PASO (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823-4)		
L-BOX (Caja L)		
Altura 1 (H1)	28	mm
Altura 2 (H2)	22	mm
H2/H1	0.79	mm

Tabla 38. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla + 1.5% Hiperplastificante)

ESTABILIDAD VISUAL VSI (ASTM C1611)			
VALOR VSI	CRITERIO	VSI RESULTANTE	IMAGEN
0 = MUY ESTABLE	No se aprecia segregación o exudación	VSI 0	
1 = ESTABLE	No se aprecia segregación; ligeros indicios de exudación observados en forma de "brillo" sobre la masa de hormigón	VSI 1	---
2 = INESTABLE	Ligero halo de mortero <10 mm (1/2") y/o acumulación de áridos en el centro de la masa de Concreto.	VSI 2	---
3 = ALTAMENTE INESTABLE	Segregación clara, apreciándose un gran halo de mortero >10 mm (1/2") y/o una gran acumulación de áridos en el centro de la masa de concreto.	VSI 3	

Nota. La mezcla muy estable

7.5. Ensayos al concreto fresco mezcla + 2% de aditivo hiperplastificante.

Figura 20. DISEÑO $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 2\% \text{ HIPERPLASTIFICANTE}$.



Nota. Al realizar los ensayos a la mezcla de concreto con la incorporación del 1.5% de aditivo hiperplastificante se evidencia que se pudo realizar las pruebas de trabajabilidad; Y se evidencia que los resultados no se ajustan en su totalidad a los rangos establecidos por las normativas.

Tabla 39. Ensayo - Tasa de extensibilidad (Mezcla + 2% Hiperplastificante)

TASA DE EXTENSIBILIDAD (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823)					
EXTENSIBILIDAD			VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO		
Díámetro 1:	721,00	mm	Distancia Recorrida Final (mm)	723,00	mm
Díámetro 2:	725,00	mm	Tiempo transcurrido Final (s)	2,33	s
Díámetro Prom. :	723,00	mm	Velocidad de Escurrimiento (mm/s)	112,23	mm/s

Nota. La mezcla si logro extenderse en su totalidad.

Tabla 40. Ensayo – Capacidad de llenado y paso (Mezcla + 2% Hiperplastificante)

CAPACIDAD DE LLENADO Y PASO (ASTM C1611, EN 12350-8, NBR 15823-4)		
L-BOX (Caja L)		
Altura 1 (H1)	27	mm
Altura 2 (H2)	19	mm
H2/H1	0.7	mm

Tabla 41. Ensayo – Estabilidad visual VSI (Mezcla + 2% Hiperplastificante)

ESTABILIDAD VISUAL VSI (ASTM C1611)			
VALOR VSI	CRITERIO	VSI RESULTANTE	IMAGEN
0 = MUY ESTABLE	No se aprecia segregación o exudación	VSI 0	---
1 = ESTABLE	No se aprecia segregación; ligeros indicios de exudación observados en forma de "brillo" sobre la masa de hormigón	VSI 1	
2 = INESTABLE	Ligero halo de mortero <10 mm (1/2") y/o acumulación de áridos en el centro de la masa de Concreto.	VSI 2	---
3 = ALTAMENTE INESTABLE	Segregación clara, apreciándose un gran halo de mortero >10 mm (1/2") y/o una gran acumulación de áridos en el centro de la masa de concreto.	VSI 3	---

Nota. La mezcla es altamente estable.

7.6. Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla patrón.

Tabla 42. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón a edad de 7 días.

**STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)**

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f _c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f _c	Tipo Fractura
P-1	10/12/24	17/12/24	7	f _c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	172.30	17571	280	10.14	0.81	1.00	217.70	219.01	21.48	78	6
P-2	10/12/24	17/12/24	7	f _c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	174.35	17780	280	10.07	0.80	1.00	223.36				6
P-3	10/12/24	17/12/24	7	f _c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	170.12	17349	280	10.11	0.80	1.00	216.37				6
P-4	10/12/24	17/12/24	7	f _c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	171.66	17506	280	10.10	0.80	1.00	218.61				6

Tabla 43. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón a edad de 14 días.

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-5	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	189.56	19331	280	10.06	0.79	1.00	243.33	240.61	23.60	86	6
P-6	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	186.78	19048	280	10.12	0.80	1.00	236.93				6
P-7	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	188.90	19264	280	10.07	0.80	1.00	242.00				6
P-8	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 0% Hiperplastificante	187.12	19082	280	10.06	0.79	1.00	240.20				6

Tabla 44. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón a edad de 28 días.

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-9	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm2 - 0% Hiperplastificante	233.60	23823	280	10.02	0.79	1.00	302.26	298.55	29.28	107	5
P-10	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm2 - 0% Hiperplastificante	231.82	23641	280	10.13	0.81	1.00	293.48				5
P-11	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm2 - 0% Hiperplastificante	230.54	23510	280	10.04	0.79	1.00	297.11				5
P-12	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm2 - 0% Hiperplastificante	232.89	23750	280	10.02	0.79	1.00	301.34				5

7.7. Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla +1% aditivo Hiperplastificante.

Tabla 45. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1% de aditivo a edad de 7 días.

**STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)**

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-1	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	231.45	23603	280	10.12	0.80	1.00	293.59	296.25	29.05	106	6
P-2	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	234.85	23950	280	10.11	0.80	1.00	298.49				6
P-3	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	234.25	23889	280	10.10	0.80	1.00	298.14				6
P-4	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	231.60	23619	280	10.10	0.80	1.00	294.77				6

Tabla 46. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1% de aditivo a edad de 14 días.

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N °	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-5	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	265.34	27059	280	10.16	0.81	1.00	333.93	332.19	32.58	119	5
P-6	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	263.12	26833	280	10.13	0.81	1.00	333.10				5
P-7	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	261.79	26697	280	10.15	0.81	1.00	330.12				5
P-8	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	262.45	26765	280	10.14	0.81	1.00	331.60				5

Tabla 47. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1% de aditivo a edad de 28 días.

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-9	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	290.56	29631	280	10.10	0.80	1.00	370.03	369.39	36.23	132	5
P-10	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	293.24	29905	280	10.16	0.81	1.00	369.05				5
P-11	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	292.71	29851	280	10.15	0.81	1.00	369.11				5
P-12	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1% Hiperplastificante	294.55	30038	280	10.15	0.81	1.00	371.43				5

7.8. Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla +1.5% aditivo Hiperplastificante.

Tabla 48. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1.5% de aditivo a edad de 7 días.

**STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)**

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-1	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	242.34	24714	280	10.15	0.81	1.00	305.59	305.62	29.97	109	6
P-2	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	239.97	24472	280	10.11	0.80	1.00	305.00				6
P-3	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	240.30	24506	280	10.11	0.80	1.00	305.42				6
P-4	10/12/24	17/12/24	7	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	241.61	24639	280	10.12	0.80	1.00	306.48				6

Tabla 49. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1.5% de aditivo a edad de 14 días.

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-5	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	272.56	27796	280	10.13	0.81	1.00	345.06	345.30	33.86	123	5
P-6	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	273.12	27853	280	10.12	0.80	1.00	346.45				5
P-7	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	271.60	27698	280	10.15	0.81	1.00	342.49				5
P-8	10/12/24	24/12/24	14	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	274.27	27970	280	10.13	0.81	1.00	347.22				5

Tabla 50. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 1.5% de aditivo a edad de 28 días

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-9	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	309.80	31593	280	10.11	0.80	1.00	393.75	394.62	38.70	141	5
P-10	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	313.40	31961	280	10.13	0.81	1.00	396.76				5
P-11	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	311.23	31739	280	10.13	0.81	1.00	394.01				5
P-12	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 1.5 % Hiperplastificante	310.59	31674	280	10.12	0.80	1.00	393.98				5

7.9. Resistencia a compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado – mezcla +2% aditivo Hiperplastificante.

Tabla 51. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 2% de aditivo a edad de 7 días.

**STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)**

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f ^c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f ^c	Tipo Fractura
P-1	10/12/24	17/12/24	7	f ^c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	236.79	24148	280	10.09	0.80	1.00	302.15	299.78	29.40	107	6
P-2	10/12/24	17/12/24	7	f ^c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	235.60	24026	280	10.06	0.79	1.00	302.43				6
P-3	10/12/24	17/12/24	7	f ^c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	232.73	23734	280	10.10	0.80	1.00	296.38				6
P-4	10/12/24	17/12/24	7	f ^c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	233.19	23781	280	10.08	0.80	1.00	298.15				6

Tabla 52. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 2% de aditivo a edad de 14 días.

**STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)**

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f _c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f _c	Tipo Fractura
P-5	10/12/24	24/12/24	14	f _c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	270.45	27580	280	10.17	0.81	1.00	339.70	338.64	33.21	121	6
P-6	10/12/24	24/12/24	14	f _c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	267.89	27319	280	10.12	0.80	1.00	339.81				6
P-7	10/12/24	24/12/24	14	f _c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	266.90	27218	280	10.16	0.81	1.00	335.90				5
P-8	10/12/24	24/12/24	14	f _c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	268.43	27374	280	10.14	0.81	1.00	339.16				5

Tabla 53. Resistencia a la compresión de la mezcla con adición del 2% de aditivo a edad de 28 días

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39/39M-17 (NTP 339.034-2015)

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura KN	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Area (mm ²)	Relación L/D Factor	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Resistencia Promedio MPa	Porcentaje f'c	Tipo Fractura
P-9	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	306.34	31241	280	10.13	0.81	1.00	387.82	387.06	37.96	138	5
P-10	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	304.67	31070	280	10.13	0.81	1.00	385.71				5
P-11	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	308.52	31463	280	10.17	0.81	1.00	387.51				5
P-12	10/12/24	07/01/25	28	f'c = 280 kg/cm ² - 2 % Hiperplastificante	305.85	31191	280	10.13	0.81	1.00	387.20				5

7.10. Diseño de mezcla patrón.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.			
Tesista:	INGRIS BECERRA HUATA.	Cemento	TIPO I
Diseño $f'c$:	210	Agregado Grueso	1/2"
Provincia:	JAEN	Slump	3 "a 4"
Fecha:	-	Cantera	Manuel Olano
<u>CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)</u>			
Peso Especifico		3.12 g/c.c.	
<u>AGREGADO GRUESO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1535	Kg/m^3 .
Peso Seco Sin Compacto	.....	1418	Kg/m^3 .
Peso Especifico de Masa	.....	2.73	g/c.c.
Porcentaje de Absorción	.....	0.46	%
Contenido de Humedad Natural	.....	0.50	%
Tamaño Máximo Nominal	.....	1/2	
<u>AGREGADO FINO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1701	Kg/m^3 .
Peso Seco Sin Compacto	.....	1594	Kg/m^3 .
Peso Especifico de Masa	.....	2.67	g/c.c.
Porcentaje de Absorción	.....	1.98	%
Contenido de Humedad Natural	.....	2.50	%
Módulo de Fineza	.....	2.98	
<u>MÉTODO DEL A.C.I</u>			

Asentamiento	.....	4 ± 1 ½" Según ASTM C-94			
Factor de Cemento	.....	11.05 Bls./m ³ .			
Relación Agua Cemento	.....	0.46			
Relación en Pesos	.....	1.00	1.80	1.75	0.45
Relación en Volúmenes (Pie ³).	.....	1.00	1.66	1.84	19.19
<u>CANTIDADES EN PESO DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</u>					
Cemento	.....	469.57 Kg/m ³ .			
Agua	.....	211.38 l/m ³ .			
Agregado Fino	.....	846.67 Kg/m ³ .			
Agregado Grueso	.....	820.70 Kg/m ³ .			
-	-	-	-	-	-

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO $f'c=280\text{kg/cm}^2$ - 0% ECKO HP

A. MATERIALES

A.1. CEMENTO:

Portland ASTM Tipo I "Pacasmayo"
 Peso Especifico 3.12 g/mL

A.2. AGUA:

Potable, de la red de servicio público

A.3. AGREGADO FINO:

Peso Unitario Compactado Seco. 1701 kg/m³
 Peso Unitario Suelto Seco. 1594 kg/m³
 Peso Especifico De Masa. 2.67 gr/cm³
 Porcentaje De Absorción 1.98 %
 Contenido De Humedad. 2.50 %
 Modulo De Fineza. 2.98

A.4. AGREGADO GRUESO:

Tamaño máximo Nominal 1/2"
 Peso Unitario Compactado Seco. 1535 kg/m³
 Peso Unitario Suelto Seco. 1418 kg/m³
 Peso Especifico De Masa. 2.73 gr/cm³
 Porcentaje De Absorción 0.46 %
 Contenido De Humedad. 0.50 %

B. PROCEDIMIENTO

B.1. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Siendo la resistencia de diseño $f'c=280\text{ kg/cm}^2$, aplicamos para el cálculo de la resistencia promedio la ecuación:

$$f'cr = f'c + 85$$

Reemplazando valores:

$$f'cr = 280 + 85 = 365\text{ kg/cm}^2$$

B.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO

De acuerdo a las especificaciones del presente diseño, a la granulometría del agregado grueso le corresponde un tamaño máximo de 1/2".

B.3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Tipo de Estructuras	Slump	
	máximo	mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Notas :

- 1) El slump puede incrementarse cuando se usan aditivos, siempre que no se modifique la relación Agua/Cemento ni exista segregación ni exudación.
- 2) El slump puede incrementarse en 1" si no se usa vibrador en la compactación.

B.4. VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA								
Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
Asentamiento	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
Asentamiento	0.375	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

De acuerdo a la siguiente tabla se determina que el volumen unitario de agua o agua de diseño es de 216 l/m³.

B.5. CONTENIDO DE AIRE

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Aire atrapado
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

Desde que la estructura a ser vaciada no va a estar expuesta a condiciones de interperismo severo, no se considera necesario incorporar aire a la mezcla. De la tabla anterior, se determina que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo de 1/2" es de 2.5%.

B.6. RELACION AGUA/CEMENTO

f' cr (28 días)	Relación agua - cemento	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
100	0.91	0.83
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	....
450	0.38	....

Para una resistencia promedio a 365 kg/cm² por interpolación tenemos que la relación agua/cemento es 0.465.

350	0.48
365	x
400	0.43
x =	0.465

B.7. FACTOR CEMENTO

El factor se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua/cemento.

$$Factor\ cemento = \frac{216}{0.46} = 469.57 \frac{kg}{m^3}$$

$$Factor\ cemento = 11.05\ bolsas/m^3$$

B.8. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del agregado fino.					
	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20
3/8	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
2	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73
6	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

De la tabla, interpolamos y nos da como resultado 0.53

El peso del agregado grueso, entonces será:

Agregado Grueso:

2.8	0.55
2.98	x
3	0.53
x =	0.532

$$\text{Peso Agregado Grueso} = \text{volumen agregado} * \text{peso unitario del agregado grueso} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso agregado grueso} = 0.532 * 1535 = 816.62 \text{ kg/m}$$

B.9. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el contenido de aire, se procede a calcular a la suma de los volúmenes absolutos de estos componentes:

Cemento	$469.57 / (3.12 * 1000) = 0.151 \text{ m}^3$
Agua	$(216 / 1) * 1000 = 0.216 \text{ m}^3$
Aire	$2.5\% = 0.025 \text{ m}^3$
Agregado Grueso	$0.532 / (1535 / (2.73 * 1000)) = 0.299 \text{ m}^3$
Suma de volúmenes conocidos	0.691

B.10. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

El volumen absoluto del agregado fino será igual la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por el peso específico.

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 1 - 0.691 = 0.309 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 0.309 * 2.67 * 1000 = 826.02 \text{ kg/m}^3$$

B.11. VALORES DE DISEÑO

Las cantidades de materiales a ser empleados con valores de diseño serán:

Cemento	469.57 kg/m ³
Agua de diseño	216 lt/m ³
Agregado fino seco	826.02 kg/m ³
Agregado grueso seco	816.62 kg/m ³

B.12. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica del concreto debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso del:

Agregado fino	$826.02 * 1.250 = 846.67 \text{ kg/m}^3$
Agregado grueso	$816.62 * 1.0057 = 820.70 \text{ kg/m}^3$

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

Agregado fino $2.50 - 1.98 = 0.52\%$

Agregado grueso $0.50 - 0.46 = 0.04\%$

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Aportes de humedad del:

Agregado fino $826.02 * (0.52/100) = +4.30 \text{ lt/m}^3$

Agregado grueso $816.02 * (0.04/100) = +0.33 \text{ lt/m}^3$

Aporte de humedad de los agregados = 4.62 lt/m^3

Agua efectiva $216 - 4.62 = 211.38 \text{ lt/m}^3$

Entonces, los pesos de los materiales ya corregidos por humedad de agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, serán:

B.13. DOSIFICACION POR METRO CUBICO

Cemento	469.57	kg/m³
Agua efectiva	211.38	lt/m³
Agregado fino húmedo	846.67	kg/m³
Agregado grueso húmedo	820.7	kg/m³

7.11. Diseño de mezcla +1% aditivo Hiperplastificante.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO f'c = 280 Kg/cm².			
Tesista:	INGRIS BECERRA H.	Cemento	TIPO I
Diseño f'c:	280 Kg/cm²	Agregado Grueso	1/2"
Provincia:	JAEN	Slump	3 "a 4"
Fecha:	-	Cantera	Manuel Olano
<u>CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)</u>			
Peso Especifico		3.12 g/c.c.	
<u>AGREGADO GRUESO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1535 Kg/m ³ .	
Peso Seco Sin Compacto	.....	1418 Kg/m ³ .	
Peso Especifico de Masa	.....	2.73 g/c.c.	
Porcentaje de Absorción	.....	0.46 %	
Contenido de Humedad Natural	.....	0.51 %	
Tamaño Máximo Nominal	.....	1/2	
<u>AGREGADO FINO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1701 Kg/m ³ .	
Peso Seco Sin Compacto	.....	1594 Kg/m ³ .	
Peso Especifico de Masa	.....	2.67 g/c.c.	
Porcentaje de Absorción	.....	1.98 %	
Contenido de Humedad Natural	.....	2.50 %	
Módulo de Fineza	.....	2.98	
<u>MÉTODO DEL A.C.I</u>			

Asentamiento	.....	4 ± 1 ½" Según ASTM C-94			
Factor de Cemento	.....	9.94 Bls./m ³ .			
Relación Agua Cemento	.....	0.46			
Relación en Pesos	.....	1.00	2.24	1.94	0.45
Relación en Volúmenes (Pie ³).	.....	1.00	2.06	2.05	19.08
<u>CANTIDADES EN PESO DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</u>					
Cemento	.....	422.61 Kg/m ³ .			
Agua	.....	189.19 l/m ³ .			
Agregado Fino	.....	946.97 Kg/m ³ .			
Agregado Grueso	.....	820.78 Kg/m ³ .			
Aditivo ECO	.....	4.23 Kg/m ³ .			
HP	.....			

7.12. Diseño de mezcla +1.5% aditivo Hiperplastificante.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO f'c = 280 Kg/cm².			
Tesista:	INGRIS BECERRA H.	Cemento	TIPO I
Diseño f'c:	280 Kg/cm²	Agregado Grueso	1/2"
Provincia:	JAEN	Slump	3 "a 4"
Fecha:	-	Cantera	Manuel Olano
<u>CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)</u>			
Peso Especifico		3.12 g/c.c.	
<u>AGREGADO GRUESO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1535 Kg/m ³ .	
Peso Seco Sin Compacto	.....	1418 Kg/m ³ .	
Peso Especifico de Masa	.....	2.73 g/c.c.	
Porcentaje de Absorción	.....	0.46 %	
Contenido de Humedad Natural	.....	0.55 %	
Tamaño Máximo Nominal	.....	1/2	
<u>AGREGADO FINO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1701 Kg/m ³ .	
Peso Seco Sin Compacto	.....	1594 Kg/m ³ .	
Peso Especifico de Masa	.....	2.67 g/c.c.	
Porcentaje de Absorción	.....	1.98 %	
Contenido de Humedad Natural	.....	2.50 %	
Módulo de Fineza	.....	2.98	
<u>MÉTODO DEL A.C.I</u>			

Asentamiento	.....	4 ± 1 ½" Según ASTM C-94			
Factor de Cemento	.....	9.39 Bls./m ³ .			
Relación Agua Cemento	.....	0.46			
Relación en Pesos	.....	1.00	2.50	2.06	0.45
Relación en Volúmenes (Pie ³).	.....	1.00	2.30	2.17	18.99
<u>CANTIDADES EN PESO DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</u>					
Cemento	.....	399.13 Kg/m ³ .			
Agua	.....	177.81 l/m ³ .			
Agregado Fino	.....	997.12 Kg/m ³ .			
Agregado Grueso	.....	821.11 Kg/m ³ .			
Aditivo ECO	.....	5.99 Kg/m ³ .			
HP	.....			

7.13. Diseño de mezcla +2% aditivo Hiperplastificante.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO f'c = 280 Kg/cm².			
Tesista:	INGRIS BECERRA H.	Cemento	TIPO I
Diseño f'c:	280 Kg/cm²	Agregado Grueso	1/2"
Provincia:	JAEN	Slump	3 "a 4"
Fecha:	-	Cantera	Manuel Olano
<u>CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)</u>			
Peso Especifico		3.12 g/c.c.	
<u>AGREGADO GRUESO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1535	Kg/m ³ .
Peso Seco Sin Compacto	.....	1418	Kg/m ³ .
Peso Especifico de Masa	.....	2.73	g/c.c.
Porcentaje de Absorción	.....	0.46	%
Contenido de Humedad Natural	.....	0.57	%
Tamaño Máximo Nominal	.....	1/2	
<u>AGREGADO FINO</u>			
Peso Seco Compacto Varillado	.....	1701	Kg/m ³ .
Peso Seco Sin Compacto	.....	1594	Kg/m ³ .
Peso Especifico de Masa	.....	2.67	g/c.c.
Porcentaje de Absorción	.....	1.98	%
Contenido de Humedad Natural	.....	2.50	%
Módulo de Fineza	.....	2.98	
<u>MÉTODO DEL A.C.I</u>			

Asentamiento	.....				4 ± 1 ½" Según ASTM C-94
Factor de Cemento	.....				8.84 Bls./m ³ .
Relación Agua Cemento	.....				0.46
Relación en Pesos	.....	1.00	2.79	2.19	0.44
Relación en Volúmenes (Pie ³).	.....	1.00	2.56	2.30	18.90
<u>CANTIDADES EN PESO DE MATERIAL POR METRO CÚBICO (DOSIFICACIÓN)</u>					
Cemento	.....				375.65 Kg/m ³ .
Agua	.....				166.59 l/m ³ .
Agregado Fino	.....				1047.27 Kg/m ³ .
Agregado Grueso	.....				821.27 Kg/m ³ .
Aditivo ECO	.....			
HP	.....				7.51 Kg/m ³ .
-	-	-			

7.14. Ficha técnica del aditivo EKCO HP.

HOJA TÉCNICA



ECKO - HP
ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

ECKO HP es un aditivo hiperplastificante de última generación en estado líquido, de alta reacción con el cemento, reductor de agua de alto poder que puede reducir más del 40 % dando buena resistencia en los diseños elaborados según la dosificación, ayuda al desarrollo de resistencia inicial y final del concreto. Ha sido diseñado especialmente para trabajos exigencia y concretos especiales como: auto consolidado, auto nivelante, pre mezclado, pre fabricado, entre otros. También el producto tiene desempeño en la mantención de trabajabilidad para poder transportar la mezcla de un punto a otros, si desea darle mayor tiempo de mantención recomendamos el uso del Ecko Retard (retardante de fragua)

DATOS TÉCNICO

Apariencia : Líquida
Color : café claro
Densidad : 1.14 ± 0.03 kg/l

Presentación : cilindro de 220 kg y IBC de 1100 kg
Soluble: Al agua

DOSIFICACIÓN

- ECKO HP se dosifica a razón de 0,25 % a 2.5 % del peso del cemento.
- Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, lo cual puede ser diferente a la dosis recomendada.



Nota:

En sobre dosis segrega la mezcla, la 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 90% 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 deremezclado para optimizar su uso de acuerdo al requerimiento de obra.

Si es necesario revificar la mantención de SLUMP realizado cada 30'

PLANTA : Las Vertientes Calle 5 Manzana C – 1 Lote 2 Villa el Salvador



VENTAJAS

- Plastifica y matienen la mezcla de concreto en estado plástico.
- Proporciona una buena manipulación en la mezcla gracias a la trabajabilidad prolongada.
- Se pueden elaborar concretos especiales de relaciones agua cemento menores a 0.40.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas .
- Compatible con todo tipo de cemento y climas.
- Compatible con todo los aditivos de Ecko Perú.
- Reduce el consumo de cemento.



NORMAS

ECKO HP Se califica según norma ASTM C494 como tipo F y ASTM C-1017

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 medico.

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.
- Industrias Ecko Peru S.A.C. , se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos, los derechos de propiedad de terceros deben respetarse.

IMPORTANTE

- Por ser una suspensión precipita . Agite los envases antes de utilizar.
- En ambiente cerrado puede cambiar de color . No altera sus propiedades

7.15. Panel fotográfico

Figura 21. *Análisis granulométrico del agregado grueso*



Figura 22. *Análisis granulométrico del agregado fino*



Figura 23. *Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso*



Figura 24. *Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino*



Figura 25. Agregado fino y grueso para la elaboración de la mezcla de concreto



Figura 26. Elaboración de la mezcla de concreto Tremie.



Figura 27. Equipo para medir la trabajabilidad del concreto fresco



Figura 28. Prueba para medir la extensibilidad del concreto fresco.



Figura 29. Ensayo para medir la capacidad de paso y llenado del concreto fresco.



Figura 30. Prueba de asentamiento.



Figura 31. *Elaboración de testigos de concreto.*

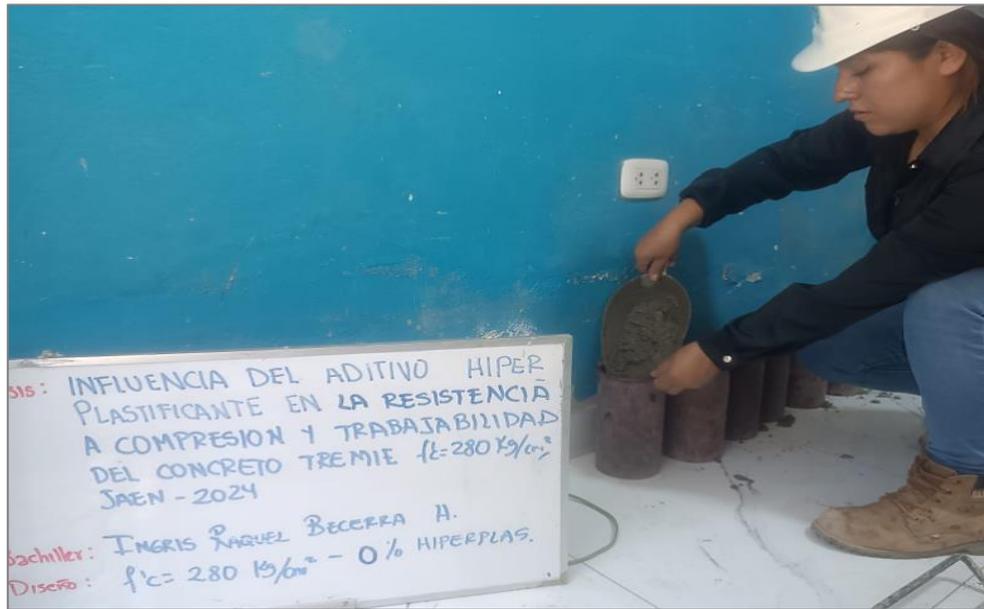


Figura 32. *Curado de testigos de concreto.*



