N° 0574

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tacna a los VEINTIDOS DÍAS del mes de JUNIO del año 2026. siendo las 9:00 horas, reunidos los miembros del Jurado:

Mtro. Ing. CÉSAR JOSÉ AVENDAÑO JIHUALLANGA. PRESIDENTE

Mag. Ing. MIRTHA ZULEMA TOLEDO ROSALES SECRETARIO

Mtro. Ing. NAHUEL HUMBERTO MOLERO YAÑEZ VOCAL

Inicia el acto, el Secretario del Jurado dando lectura de la Resolución de Facultad N° 1126 - 2026 - FIAG/UNJBG, del día 17 DE JUNIO 2026, mediante la cual se aprueba el Acto de Sustentación para el (la) Bachiller ALEXÁNDER FERNANDO FLORES CUÉLLAR, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El Presidente del Jurado invita al Bachiller para que exponga el trabajo titulado: "EFECTOS DE LA UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE PENCA DE TUNA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'c = 210 Kg/cm² EN LA CIUDAD DE TACNA 2025"

Concluida la exposición, el jurado realiza las observaciones y preguntas del caso, las mismas que son absueltas por el (la) ponente.

CALIFICACIÓN

El jurado califica en forma individual y secreta el trabajo expuesto, por lo que se procede a sacar el promedio final de: 17 (solo en cifras y con un decimal).

Por lo que se da por APROBADO por UNANIMIDAD

El Secretario procede a leer la presente Acta de Sustentación y el jurado lo firma a continuación, por lo que se da por concluido el Acto de Sustentación, siendo las 10:10 horas.

PRESIDENTE
Mtro. Ing. CÉSAR AVENDAÑO JIHUALLANGA

SECRETARIO
Mag. Ing. MIRTHA TOLEDO ROSALES

BSERVACIÓN: POR ERROR MATERIAL
N EL TITULO DE LA TESIS
NDICA ERRONEAMENTE LO
GUIENTE:

VOCAL
Mtro. Ing. NAHUEL MOLERO YAÑEZ

DICE: F'c = 210 Kg/cm² DEBE DECIR: f'c = 210 Kg/cm²

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Mtro. Ing. Nahuel Humberto Molero Yáñez, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 378-2025-FIAG/UNJBG del 25 de julio del 2025, de la Tesis titulada: "EFECTOS DE LA UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE PENCA DE TUNA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO f'c = 210 kg/cm^2 EN LA CIUDAD DE TACNA 2025". Presentado por el Bach. Alexánder Fernando Flores Cuéllar, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 11%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de Ingeniero Civil, según corresponda para su publicación en el Repositorio Institucional.

Tacna, 30 de junio del 2026

FIRMA ASESOR
Nombres y apellidos: Mtro. Ing. Nahuel Humberto Molero Yáñez
DNI: 40563042

FIRMA AUTOR
Nombres y apellidos: Bach. Alexánder Fernando Flores Cuéllar
DNI: 71752452

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi madre, Zoraida Cuéllar, la mujer que más amo y la persona que más admiro por su valentía y fortaleza, cualidades que me demuestra cada día con su ejemplo. Gracias por acompañarme y cuidarme desde siempre, por aquellas noches en las que, siendo niño, permanecías a mi lado cuando me encontraba enfermo, y por cada sacrificio y esfuerzo realizado sin esperar nada a cambio.

Gracias por tu apoyo incondicional, por confiar en mí incluso cuando yo mismo dudaba y por impulsarme a seguir adelante. Todo lo que soy y cada logro alcanzado llevan una parte de ti. Sé que nunca podré devolver por completo todo lo que has hecho por mí, pero espero que cada uno de mis logros sea también una forma de agradecerte.

También dedico este trabajo a mi hermana, Dévora, por su cariño, apoyo y por estar siempre presente, y a mis sobrinos, Sergio y Santiago, a quienes he tenido la dicha de ver crecer desde su nacimiento. Verlos crecer ha sido una de las mayores alegrías de mi vida.

Finalmente, dedico esta tesis a mi abuelo, Máximo Cuéllar, por sus enseñanzas, su cariño y la confianza que siempre depositó en mí. Su apoyo y preocupación constante me acompañaron durante todos estos años, y por ello este logro también lleva una parte de él.

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme salud, fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta etapa de mi formación profesional y hacer posible el desarrollo de la presente investigación.

Asimismo, agradezco al laboratorio Ingeservicios por el apoyo brindado y la disposición mostrada, permitiéndome contar con el espacio y las facilidades necesarias para la ejecución de esta investigación.

De igual manera, agradezco a mi asesor, el ingeniero Nahuel Molero, por su orientación, apoyo y conocimientos compartidos a lo largo de este trabajo, contribuyendo de manera significativa a su desarrollo.

Finalmente, agradezco a mi madre por su apoyo incondicional, confianza y constante motivación durante mi formación profesional, siendo un pilar fundamental a lo largo de este proceso.

Índice general

Carátula i
Acta de sustentación de tesis ii
Certificado de similitud iii
Dedicatoria iv
Agradecimiento v
Índice general vi
Índice de tablas ix
Índice de figuras xi
Resumen xv
Abstract xvi
Introducción 1
Capítulo I: Planteamiento del problema 2
1.1. Identificación del problema 2
1.2. Formulación del problema 5
1.2.1. Problema principal: 5
1.2.2. Problemas secundarios: 5
1.3. Justificación e importancia 5
1.3.1. Justificación Teórica 5
1.3.2. Justificación Práctica 5
1.3.3. Justificación Metodológica 6
1.3.4. Justificación Social 6
1.3.5. Justificación Ambiental 6
1.4. Objetivos 7
1.4.1. Objetivo general 7

1.4.2. Objetivos específicos 7
Capítulo II: Marco teórico 8
2.1. Antecedentes de la investigación 8
2.1.1. Internacional 8
2.1.2. Nacional 12
2.2. Bases teóricas 16
2.2.1. Concreto 16
2.2.2. Propiedades del Concreto 17
2.2.3. Elementos del concreto 24
2.2.4. Penca de tuna 30
2.3. Definición de términos 36
2.3.1. Mucílago de Penca de Tuna: 36
2.3.2. Esfuerzo de compresión: 36
2.3.3. Concreto patrón: 36
2.3.4. Trabajabilidad (Slump): 36
2.3.5. Peso unitario: 36
2.3.6. Contenido de aire: 36
2.3.7. Resistencia a compresión: 37
2.3.8. Aditivo natural: 37
2.3.9. Análisis de Costos Unitarios (A.C.U.): 37
2.3.10. Normas técnicas de laboratorio: 37
Capítulo III: Marco metodológico 38
3.1. Tipo de investigación 38
3.2. Enfoque de investigación 38
3.3. Nivel de investigación 39

3.4. Diseño de investigación 39
3.5. Población y muestra 40
3.5.1. Población 40
3.5.2. Muestra 40
3.5.3. Muestreo 41
3.5.4. Criterios de selección 41
3.6. Operacionalización de variables 45
3.7. Técnicas e instrumentos recolección de datos 46
3.8. Confiabilidad y validez 46
3.9. Acciones y actividades 47
3.10. Procesamiento de datos 48
3.11. Aspectos éticos 49
3.12. Procedimiento 50
Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados 99
4.1. Análisis de resultados 99
4.1.1. Para el objetivo específico 01 99
4.1.2. Para el objetivo específico 02 107
4.1.3. Para el objetivo específico 03 116
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones 127
5.1. Conclusiones 127
5.2. Recomendaciones 129
Referencias bibliográficas 131
Anexos 135
Matriz de consistencia 135
Informes de ensayos de laboratorio para el diseño de mezcla de concreto 137

Informes de ensayos resistencia a la compresión del concreto 146

Índice de tablas

Tabla 1 *Clasificación del concreto por trabajabilidad* 18

Tabla 2 *Clases de mezclas según su asentamiento* 21

Tabla 3 *Edades de ensayo y tolerancias permisibles* 22

Tabla 4 *Diámetros máximos de especímenes* 23

Tabla 5 *Tipos de cementos Pórtland según ASTM C150* 25

Tabla 6 *Clasificación para aditivos de acuerdo a ASTM 494* 30

Tabla 7 *Composición química para la penca de tuna* 34

Tabla 8 *Clasificación Científica para penca de tuna* 35

Tabla 9 *Justificación de porcentajes* 43

Tabla 10 *Tabla de operacionalización de variables* 45

Tabla 11 *Análisis de granulometría* 75

Tabla 12 *Ensayo de contenido de humedad agregado grueso* 76

Tabla 13 *Ensayo de peso unitario suelto agregado grueso* 77

Tabla 14 *Ensayo de peso unitario suelto agregado grueso* 77

Tabla 15 *Ensayo de gravedad especifica agregado grueso* 78

Tabla 16 *Análisis de granulometría agregado fino* 79

Tabla 17 *Ensayo de contenido de humedad agregado fino* 81

Tabla 18 *Ensayo de peso unitario suelto agregado fino* 81

Tabla 19 *Ensayo de peso unitario suelto agregado fino* 82

Tabla 20 *Ensayo de gravedad especifica agregado fino* 83

Tabla 21 *Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna* . 99

Tabla 22 *Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna y reducción de agua* 100

Tabla 23 *Resultados del Reducción de Agua* 102

Tabla 24 *Resultados del contenido de aire* 104

Tabla 25 *Resultados del peso unitario* 106

Tabla 26 *Resultados resistencia a compresión – 07 días* 108

Tabla 27 *Resultados resistencia a compresión – 14 días* 111

Tabla 28 *Resultados resistencia a compresión – 28 días* 114

Tabla 29 *Resultados costos concreto patrón* 116

Tabla 30 *Resultados costos concreto patrón + 2.5 % MPT* 117

Tabla 31 *Resultados costos concreto patrón + 3.5 % MPT* 118

Tabla 32 *Resultados costos concreto patrón + 4.5 % MPT* 119

Tabla 33 *Resultados costos concreto patrón + 2.5 % MPT* 120

Tabla 34 *Resultados costos concreto patrón + 3.5 % MPT* 121

Tabla 35 *Resultados costos concreto patrón + 4.5 % MPT* 122

Tabla 36 *Resumen de costos* 123

Tabla 37. *Matriz de Consistencia* 135

Índice de figuras

Figura 1 *Cono de Abrams* 20

Figura 2 *Procedimiento de ensayo de asentamiento* 20

Figura 3 *Esquema sobre ensayo de compresión* 24

Figura 4 *Esquema sobre ensayo de compresión* 26

Figura 5 *Conductos microscópicos generados en el interior del concreto como resultado de la evaporación del agua utilizada en la mezcla* 28

Figura 6 *Morfología de la planta de tuna* 31

Figura 7 *Morfología de la penca tuna* 32

Figura 8 *Mucílago de penca de tuna diluida en agua* 33

Figura 9 *Mapa del Perú* 50

Figura 10 *Mapa de ubicación política - Tacna* 51

Figura 11 *Ubicación política del laboratorio* 51

Figura 12 *Ubicación política del laboratorio* 53

Figura 13 *Visita al lugar de recolección de pencas de tuna* 54

Figura 14 *Dimensiones de penca de tuna* 55

Figura 15 *Primeros cortes longitudinales a la penca de tuna* 55

Figura 16 *Segundo corte de penca de tuna* 56

Figura 17 *Dimensiones de la penca de tuna cortada en cubos* 56

Figura 18 *Peso de la penca de tuna* 57

Figura 19 *Cocción de penca de tuna* 58

Figura 20 *Presencia de espuma durante la cocción de penca de tuna* 59

Figura 21 *Color de la penca de tuna durante la cocción* 60

Figura 22 *Reducción del volumen de agua durante la cocción de la penca de tuna* 60

Figura 23 *Presencia de mucílago de penca de tuna* 61

Figura 24 *Primer filtrado* 62

Figura 25 *Segundo filtrado* 63

Figura 26 *Ensayo para determinar la densidad del mucílago de penca de tuna* 64

Figura 27 *Ubicación satelital de la cantera Arunta Velásquez* 65

Figura 28 *Puerta de ingreso de la cantera Arunta Velásquez* 66

Figura 29 *Vista general de la cantera Arunta Velásquez* 66

Figura 30 *Muestreo de agregado fino* 67

Figura 31 *Muestreo de agregado grueso* 68

Figura 32 *Lavado de material* 69

Figura 33 *Tamizado de material* 70

Figura 34 *Tamizado del material* 71

Figura 35 *Secado del material fino* 72

Figura 36 *Ensayo de gravedad especifica de agregado grueso* 72

Figura 37 *Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino* 73

Figura 38 *Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso* 74

Figura 39 *Curva granulométrica del agregado grueso* 76

Figura 40 *Curva granulométrica del agregado fino* 80

Figura 41 *Habilitación de agregados para su uso en el vaciado* 84

Figura 42 *Materiales y equipos preparados para el proceso de vaciado* 85

Figura 43 *Colocación de los agregados en el trompo durante la preparación de la mezcla* 85

Figura 44 *Proceso de mezclado de los materiales en el trompo* 86

Figura 45 *Ensayo de consistencia (Slump)* 87

Figura 46 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón*..... 87

Figura 47 *Ensayo de contenido de aire* 88

Figura 48 *Ensayo de contenido de aire* 88

Figura 49. *Ensayo de peso unitario del concreto* 89

Figura 50 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 2.5 % MPT*..... 89

Figura 51 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 3.5 % MPT*..... 90

Figura 52 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 3.5 % MPT*..... 90

Figura 53 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT*..... 91

Figura 54 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT*..... 92

Figura 55 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT*..... 93

Figura 56 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 3.5 % MPT con reducción de agua*..... 93

Figura 57 *Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT con reducción de agua*..... 94

Figura 58 *Desencofrado de briquetas*..... 95

Figura 59 *Curado de briquetas*..... 95

Figura 60 *Sacado de briquetas de la poza de curador* 96

Figura 61 *Briquetas curadas*..... 96

Figura 62 *Briqueta dentro de la máquina de compresión* 97

Figura 63 *Pantalla de la máquina de compresión*..... 97

Figura 64 *Pantalla de la máquina de compresión*..... 98

Figura 65 *Compresión de briqueta* 98

Figura 66 *Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna* 100

Figura 67 *Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna y reducción de agua*..... 101

Figura 68 *Resultados del Reducción de Agua* 103

Figura 69 *Resultados del contenido de aire*..... 105

Figura 70 *Resultados del peso unitario* 107

Figura 71 *Resultados resistencia a compresión – 07 días*..... 109

Figura 72 *Resultados resistencia a compresión – 14 días*..... 112

Figura 73 *Resultados resistencia a compresión – 28 días*..... 115

Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar los efectos de la utilización de mucílago de penca de tuna sobre las propiedades del concreto en la ciudad de Tacna durante el año 2025. Se empleó una metodología de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Los resultados indicaron que la mezcla patrón presentó un asentamiento (*slump*) de 4 pulgadas, el cual se incrementó hasta 6,5 pulgadas con una dosificación de 3,5 % de mucílago y hasta 8 pulgadas con 4,5 %, representando un aumento del 100 %. En las mezclas con reducción de agua, el asentamiento se mantuvo constante en 3,5 pulgadas, permitiendo reducciones de agua de 2,3 %, 5,7 % y 7,7 % para dosificaciones de 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %, respectivamente. Asimismo, el contenido de aire permaneció estable en 1,2 %, mientras que el peso unitario varió entre 2,297 y 2,325 g/cm³. Respecto a la resistencia a compresión, a los 7 días la mezcla patrón alcanzó 198,2 kg/cm², destacando la mezcla con 2,5 % de mucílago y reducción de agua, la cual registró 202,8 kg/cm². A los 14 días, esta mezcla alcanzó 225,7 kg/cm², superando los 212,2 kg/cm² obtenidos por la mezcla patrón. A los 28 días, el concreto patrón alcanzó una resistencia de 260,2 kg/cm², mientras que la mezcla óptima registró 288,6 kg/cm², lo que representó un incremento de 28,4 kg/cm². Por otro lado, el análisis económico mostró que el costo del concreto patrón fue de S/ 275,27, mientras que la incorporación de mucílago incrementó progresivamente el costo hasta S/ 292,96 con una dosificación de 4,5 %, generando una diferencia máxima de S/ 17,69 (6,4 %).

Se concluyó que el mucílago de penca de tuna mejoró significativamente la trabajabilidad y la resistencia a compresión del concreto, destacando la dosificación de 2,5 % combinada con reducción de agua como la alternativa más eficiente desde el punto de vista técnico y económico.

Palabras clave: concreto, propiedades físicas, propiedades mecánicas, mucílago, penca de tuna.

Abstract

The study aimed to determine the effects of using prickly pear cactus (*Opuntia*) pad mucilage on concrete properties in the city of Tacna during 2025. An applied research methodology was employed, utilizing a quantitative approach and an experimental design. The results indicated that the control mix exhibited a slump of 4 inches; this increased to 6.5 inches with a 3.5% mucilage dosage and to 8 inches with a 4.5% dosage, representing a 100% increase. In mixes with water reduction, the slump remained constant at 3.5 inches, allowing for water reductions of 2.3%, 5.7%, and 7.7% at mucilage dosages of 2.5%, 3.5%, and 4.5%, respectively. Additionally, air content remained stable at 1.2%, while unit weight varied between 2.297 and 2.325 g/cm³. Regarding compressive strength, at 7 days the control mix reached 198.2 kg/cm², with the mix containing 2.5% mucilage and water reduction standing out by recording 202.8 kg/cm². At 14 days, this mix reached 225.7 kg/cm², surpassing the 212.2 kg/cm² achieved by the control mix. At 28 days, the control concrete reached a strength of 260.2 kg/cm², whereas the optimal mix recorded 288.6 kg/cm², representing an increase of 28.4 kg/cm². Finally, economic analysis showed that the cost of the control concrete was S/ 275.27, while the incorporation of mucilage progressively increased the cost to S/ 292.96 at a 4.5% dosage, resulting in a maximum difference of S/ 17.69 (6.4%). It was concluded that prickly pear cactus mucilage significantly improved the workability and compressive strength of the concrete, with the 2.5% dosage combined with water reduction standing out as the most efficient alternative from both technical and economic perspectives.

Keywords: concrete, physical properties, mechanical properties, mucilage, prickly pear cactus.

Introducción

La mejora de las propiedades del concreto constituyó un aspecto fundamental en la ingeniería civil, debido a que influyó directamente en la resistencia, durabilidad y desempeño de las estructuras. En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles para optimizar sus características mecánicas representó una prioridad en la construcción moderna. Entre las alternativas innovadoras, el uso de aditivos naturales se consolidó como un campo de estudio prometedor.

Uno de estos aditivos naturales fue el mucílago de penca de tuna, extraído de los cladodios de la especie *Opuntia ficus-indica*. Este material presentó características viscosas, adhesivas y retenedoras de agua, atribuidas principalmente a su contenido de polisacáridos y compuestos orgánicos.

La presente investigación tuvo como propósito determinar los efectos del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto, considerando diferentes porcentajes de dosificación (0 %, 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %). Para ello, se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas del concreto a distintas edades de curado (7, 14 y 28 días), de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas (NTP). Asimismo, se analizó su impacto en los costos de producción y los beneficios derivados de su incorporación.

La metodología aplicada correspondió a un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, mediante la elaboración y ensayo de probetas conforme a normativas técnicas específicas. Se midieron indicadores como la consistencia, el peso unitario, la resistencia a la compresión y el costo unitario de las mezclas evaluadas.

La investigación se desarrolló en la ciudad de Tacna, considerando las condiciones climáticas y ambientales de la zona, así como la disponibilidad local de penca de tuna como materia prima para la obtención del mucílago. Si bien el estudio se ejecutó en un ámbito geográfico específico, los resultados obtenidos constituyeron una referencia técnica para futuras aplicaciones en regiones con características climáticas y materiales similares, siempre que se realizaran las validaciones correspondientes.

Capítulo I:
Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

A nivel mundial, las estructuras de concreto cumplen funciones estructurales cada vez más exigentes, debido a que se encuentran sometidas a mayores cargas de compresión y a la necesidad de soportar luces más amplias. Un ejemplo de ello es el puente Liujiaxia, ubicado en Gansu, China, cuyo vano principal alcanza los 536 m y está sostenido por pilotes sometidos constantemente a esfuerzos compresivos de gran magnitud. Esta condición ha impulsado el desarrollo de hormigones de alto desempeño mediante la incorporación de diversos componentes que mejoran sus propiedades mecánicas (Zaiping & Genli, 2024).

Por otra parte, Li et al. (2024) señalaron que la rápida urbanización, el crecimiento poblacional y la industrialización han incrementado progresivamente la concentración de CO_2 en la atmósfera, intensificando los procesos de carbonatación del concreto y generando impactos ambientales significativos. En este contexto, resulta necesario implementar estrategias sostenibles para el diseño de mezclas de concreto que, además de reducir los efectos ambientales, contribuyan a mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

Asimismo, desde una perspectiva económica, países como China, Estados Unidos y el Reino Unido afrontan considerables pérdidas asociadas al mantenimiento y la reconstrucción de estructuras debido a problemas relacionados con la baja resistencia y durabilidad del concreto. De igual manera, aproximadamente el 40 % de las pérdidas globales en las estructuras se atribuye a procesos de deterioro ocasionados por agentes

ambientales y deficiencias en la durabilidad del material. Esta situación evidencia la necesidad de investigar alternativas sostenibles que permitan mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, garantizando un mejor desempeño estructural y una mayor vida útil de las construcciones.

A nivel nacional, en el Perú, los concretos con baja resistencia representan un problema significativo en proyectos de gran envergadura, especialmente en los sectores minero, hidroenergético e industrial. En estas obras, aproximadamente el 40 % del volumen total de concreto corresponde a vaciados masivos, los cuales requieren controles rigurosos y cuidados especiales para garantizar el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas del Proyecto (EETT). Sin embargo, el limitado conocimiento sobre las causas y efectos de las patologías asociadas a este tipo de vaciados genera inconsistencias en la definición y tolerancia de las especificaciones técnicas, comprometiendo el desempeño estructural y aumentando el riesgo de fallas en las construcciones. Esta problemática evidencia la necesidad de implementar estrategias innovadoras que contribuyan a mejorar la calidad del concreto desde las etapas de diseño y ejecución (Peña, 2020).

En este contexto, la incorporación de materiales sostenibles y ambientalmente responsables, que tradicionalmente no han sido empleados en la industria de la construcción, constituye una alternativa con potencial para optimizar las propiedades del concreto. Al respecto, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021) señaló que la penca de tuna posee una importante presencia en el territorio nacional, sustentada en una producción superior a 62 000 toneladas y un área cosechada de aproximadamente 12 000 ha. Asimismo, indicó que entre el 60 % y el 70 % de dicha superficie se destina al cultivo de tuna, mientras que el porcentaje restante se emplea para la producción de cochinilla, utilizada como colorante natural. Debido a su amplia disponibilidad y a las propiedades que presenta, este recurso posee un importante potencial para ser aprovechado en el sector de la construcción, particularmente como alternativa para mejorar el desempeño del concreto.

A nivel local, en la región Tacna, las estructuras de concreto se encuentran expuestas a diversas condiciones ambientales y exigencias estructurales propias de la zona, lo que hace necesario investigar alternativas que contribuyan a mejorar sus propiedades físicas

y mecánicas. Según el boletín *Peligro geológico de la región Tacna* (2021), los fenómenos geológicos asociados principalmente a lluvias excepcionales representan el 78,66 % de los eventos registrados en la región. Asimismo, procesos como la erosión, las inundaciones y los hundimientos incrementan la vulnerabilidad de las estructuras y pueden afectar su desempeño a lo largo del tiempo. Esta combinación de amenazas evidencia la importancia de diseñar y construir estructuras más resistentes, incorporando estrategias innovadoras que contribuyan a mejorar el comportamiento estructural del concreto.

La existencia de penca de tuna en Tacna también es evidente por lo que dice el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021) al igual que presentar un constante crecimiento en la producción que durante el primer semestre de 2021, se registró un aumento adicional con 1,411 toneladas, lo que refleja una recuperación y continuidad en el desarrollo de esta actividad. Además, la participación de la región en la producción total del 2020 fue del 2.2 %, consolidando a Tacna como un contribuyente relevante en el sector productivo de la tuna.

Por otro lado, la disponibilidad de penca de tuna en la región constituye una oportunidad para el desarrollo de investigaciones orientadas al aprovechamiento de recursos naturales locales. En este sentido, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021) señaló que la producción de tuna en Tacna ha mantenido una tendencia de crecimiento sostenida. Durante el primer semestre de 2021 se registró una producción de 1 411 toneladas, reflejando la continuidad y fortalecimiento de esta actividad agrícola. Además, la participación de la región en la producción nacional durante el año 2020 alcanzó el 2,2 %, consolidando a Tacna como un contribuyente relevante en el sector productivo de la tuna. En consecuencia, la disponibilidad de esta materia prima respalda su potencial utilización en investigaciones relacionadas con la mejora de las propiedades del concreto mediante la incorporación de aditivos naturales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal:

¿Cuáles son los efectos de la utilización de mucílago de Penca de tuna en las propiedades en el concreto en la ciudad de Tacna 2025?

1.2.2. Problemas secundarios:

- ¿Cuál es el efecto del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas del concreto en la ciudad de Tacna 2025?
- ¿Cuál es el efecto del mucílago de penca de tuna en la resistencia al esfuerzo de compresión a 7, 14 y 28 días de madurez del concreto en la ciudad de Tacna 2025
- ¿Cuál es el efecto del mucílago de penca de tuna en los costos de producción y del concreto con el aditivo natural en la ciudad de Tacna 2025?

1.3.Justificación e importancia

1.3.1. Justificación Teórica

La investigación se fundamentó en el estudio del potencial de los aditivos naturales, específicamente del mucílago de penca de tuna, para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El estudio amplió el conocimiento científico relacionado con el uso de materiales orgánicos en la construcción y permitió analizar la interacción entre las propiedades del mucílago y las matrices cementicias. Asimismo, aportó evidencia científica a una línea de investigación emergente vinculada con el desarrollo de materiales sostenibles para la industria de la construcción.

1.3.2. Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, la investigación permitió evaluar una alternativa viable para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto mediante la incorporación de mucílago de penca de tuna. Los resultados obtenidos constituyeron un aporte técnico para su posible aplicación en proyectos de construcción desarrollados en la ciudad de Tacna, considerando la disponibilidad local de esta materia prima y las características

propias de la región. Asimismo, los hallazgos generaron información de referencia para futuras investigaciones y aplicaciones en otras regiones con condiciones climáticas y disponibilidad de recursos similares, previa validación técnica.

1.3.3. Justificación Metodológica

La investigación empleó un enfoque metodológico riguroso basado en ensayos experimentales controlados para determinar la influencia del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas, mecánicas y económicas del concreto. La selección de variables, dimensiones e indicadores permitió realizar un análisis detallado, sistemático y reproducible. En consecuencia, el procedimiento metodológico desarrollado constituyó una referencia para futuras investigaciones relacionadas con el uso de materiales innovadores en la construcción.

1.3.4. Justificación Social

La investigación promovió el aprovechamiento de un recurso natural disponible en la región, contribuyendo al fortalecimiento de alternativas sostenibles para la industria de la construcción. Asimismo, los resultados demostraron que la incorporación de mucílago de penca de tuna permitió mejorar determinadas propiedades del concreto con un incremento económico reducido, favoreciendo la generación de conocimientos aplicables al desarrollo local y regional. De esta manera, se fomentó el uso de recursos de origen local con potencial de aprovechamiento tecnológico.

1.3.5. Justificación Ambiental

La investigación contribuyó al enfoque de sostenibilidad mediante la incorporación de un material natural, renovable y biodegradable en la elaboración de concreto. El uso de mucílago de penca de tuna representó una alternativa que favoreció el aprovechamiento responsable de recursos locales y promovió la reducción de la dependencia de aditivos químicos convencionales. Asimismo, su utilización evidenció el potencial de disminuir los impactos ambientales asociados al transporte y empleo de materiales externos, contribuyendo al desarrollo de prácticas constructivas más sostenibles.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar los efectos de la utilización de mucílago de Penca de tuna en las propiedades en el concreto en la ciudad de Tacna 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas del concreto en la ciudad de Tacna 2025.
- Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en la resistencia al esfuerzo de compresión a 7, 14 y 28 días de madurez del concreto en la ciudad de Tacna 2025.
- Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en los costos de producción del concreto con el aditivo natural en la ciudad de Tacna 2025.

Capítulo II:
Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional

Gallegos et al. (2021), en su artículo titulado *Effect of Natural Additives on Concrete Mechanical Properties*, tuvieron como objetivo estudiar el efecto de la dosificación de mucílago de nopal y fibra de ixtle como aditivos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, el coeficiente de transferencia de calor, la velocidad de pulso ultrasónico, el análisis ED-XRF y la rugosidad mediante el análisis de dimensión fractal. La metodología empleada correspondió a un enfoque cuantitativo de tipo aplicado y diseño experimental, centrado en la incorporación de mucílago extraído de diferentes especies de cactus al concreto.

Los resultados evidenciaron un incremento significativo en la resistencia de las muestras modificadas con mucílago y fibra de ixtle (CMI) en comparación con la muestra de control (CB). La muestra CMI alcanzó una resistencia a la compresión de 20,75 ± 0,125 MPa, representando un incremento del 96,5 % respecto a la muestra CB, que obtuvo una resistencia de 10,56 ± 0,053 MPa. Este comportamiento fue atribuido a la capacidad del mucílago para retener agua, optimizando el proceso de hidratación del cemento y reduciendo la relación agua-cemento, lo que favoreció una mejor formación de la matriz cementicia. Por otro lado, la muestra que contenía únicamente mucílago (CM) alcanzó una resistencia de 9,57 ± 0,048 MPa, evidenciando que la combinación de mucílago y fibra generó un efecto sinérgico positivo sobre el desempeño mecánico del concreto.

Los autores concluyeron que la incorporación de mucílago de nopal y fibra de ixtle incrementó significativamente la resistencia a la flexión y a la compresión en comparación con una mezcla convencional de concreto. Asimismo, determinaron que el mucílago de nopal contribuyó a incrementar la resistencia a la flexión en un 72 % y la resistencia a la compresión en un 96 %, demostrando su potencial como aditivo natural para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Alaku y Agboola (2020), en su artículo titulado *Explorative Study on the Suitability of Sesame Plant Mucilage (Sesamum indicum) as Admixtures in Concrete*, tuvieron como objetivo presentar los resultados experimentales de un estudio exploratorio sobre el uso del mucílago de la planta de sésamo como aditivo en el hormigón. La metodología empleada correspondió a un enfoque experimental de tipo aplicado, desarrollado principalmente en condiciones de laboratorio.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la incorporación de diferentes porcentajes de mucílago de sésamo (1,0 %, 1,5 % y 2,0 %) generó un incremento progresivo en la resistencia a la compresión del concreto en función del tiempo de curado. A los 7 días, se observó un aumento del 2,53 % con 1 % de adición de mucílago, alcanzando un incremento máximo del 20,2 % con 1,5 %, mientras que con 2,0 % el aumento fue del 11,1 % respecto al concreto de control. A los 14 días, la tendencia se mantuvo, registrándose incrementos del 2,24 %, 15,5 % y 6,44 % para las mismas dosificaciones, respectivamente. Finalmente, a los 28 días se obtuvieron aumentos del 10,54 % con 1 %, 15,7 % con 1,5 % y 9,1 % con 2,0 % de adición de mucílago.

En función de estos resultados, los autores concluyeron que la incorporación de mucílago de sésamo en distintas proporciones mejora la resistencia a la compresión del hormigón en comparación con la mezcla de control, siendo la dosificación del 1,5 % la que presentó el mejor desempeño mecánico a largo plazo.

Nyabuto et al. (2023), en su artículo titulado *Effects of Aloe Vera Mucilage as a Superplasticizer on Limestone Calcined Clay Self-Consolidating Concrete Performance*, tuvieron como objetivo determinar el efecto del mucílago de aloe vera en el concreto elaborado con cemento Portland ordinario (OPC) y cemento LC3. La metodología

empleada correspondió a un enfoque experimental de tipo aplicado, desarrollado en condiciones de laboratorio.

Los resultados evidenciaron que la incorporación del mucílago de aloe vera presentó un comportamiento diferenciado en la resistencia a la compresión del concreto, especialmente en función de la dosificación utilizada. A los 28 días, con una dosificación de 2,5 % de mucílago, se observó un ligero incremento en la resistencia; sin embargo, con porcentajes de 5 %, 7,5 % y 10 %, la resistencia disminuyó de manera significativa. En el caso del concreto OPC, las reducciones fueron del 16,2 %, 35,0 % y 49,6 %, respectivamente, mientras que en el concreto LC3-50 las disminuciones alcanzaron el 7,4 %, 27,0 % y 37,2 %.

Este comportamiento fue atribuido a la presencia de grupos funcionales hidroxilo (-OH) y carboxilo (-COOH) en el mucílago de aloe vera, los cuales generaron un efecto de retardo en la hidratación del cemento debido a la repulsión estérica. Este retraso afectó la formación temprana de productos de hidratación como el C-S-H, lo que provocó una disminución en la resistencia mecánica, especialmente en dosificaciones elevadas.

Finalmente, los autores concluyeron que el mucílago de aloe vera solo mejora la resistencia a la compresión en bajas dosificaciones, alcanzando valores óptimos del 2,5 % en peso, con resistencias de 42,45 ± 1,04 MPa en OPC y 28,59 ± 1,39 MPa en LC3-50 a los 28 días. Sin embargo, al incrementar la dosificación, la resistencia disminuye considerablemente, lo que indica que el mucílago no actúa como un acelerador del fraguado en altas concentraciones. A pesar de ello, una dosificación del 7,5 % aún presentó valores de resistencia estructural admisible de 30,92 ± 1,55 MPa en OPC y 19,85 ± 0,99 MPa en LC3-50.

Brevet et al. (2024), en su trabajo titulado *Effects of Flaxseed Mucilage Admixture on Ordinary Portland Cement Fresh and Hardened States*, tuvieron como objetivo valorar el uso del mucílago de linaza (FM) en el cemento Portland ordinario. La metodología empleada correspondió a un enfoque experimental de tipo aplicado, desarrollado en condiciones de laboratorio.

Los resultados obtenidos en términos de resistencia a la compresión y densidad aparente de los morteros evidenciaron una evolución progresiva de la resistencia a lo largo del tiempo, alcanzando sus valores máximos entre los 60 y 90 días. Los morteros EURO2G y EURO5G presentaron valores de resistencia similares al de la mezcla de referencia, mostrando un desempeño óptimo hasta los 60 días, periodo a partir del cual la evolución de la resistencia se estabilizó. En cambio, el mortero EURO15G presentó una menor resistencia a la compresión, a pesar de mostrar un incremento progresivo con el tiempo, manteniéndose por debajo de las demás muestras.

Asimismo, se observó que un mayor contenido de mucílago redujo la densidad aparente de los morteros, lo que evidenció una relación inversa entre ambas variables. Este comportamiento fue atribuido a un proceso de floculación que generó una estructura más granular y menos compacta, lo que explicó la disminución de las propiedades mecánicas en las mezclas con mayor adición de mucílago.

Finalmente, los autores concluyeron que la influencia del método de incorporación del mucílago y la relación agua/cemento debe ser optimizada para comprender mejor el potencial del mucílago de linaza en matrices cementicias, con miras a futuras aplicaciones en materiales de construcción.

Díaz et al. (2019), en su trabajo titulado *Natural Additive (Nopal Mucilage) on the Electrochemical Properties of Concrete Reinforcing Steel*, tuvieron como objetivo evaluar el efecto del mucílago de nopal sobre las propiedades electroquímicas del concreto. La metodología empleada correspondió a un enfoque experimental, utilizando diferentes dosificaciones del aditivo con relaciones nopal-agua de 1:1, 1:2 y 1:3.

Los resultados obtenidos en términos de resistencia a la compresión evidenciaron que todas las muestras con incorporación de mucílago de nopal presentaron valores inferiores en comparación con la muestra de control (CO), la cual alcanzó una resistencia de 248,9 kg/cm^2. La adición de mucílago, independientemente del método de extracción o la concentración utilizada, generó una disminución en la resistencia a la compresión del concreto.

En particular, las muestras CO+1-1N y CO+1-1NT registraron las reducciones más significativas, con valores de 223,5 kg/cm² y 225,8 kg/cm², respectivamente. Esta disminución se atribuyó a las propiedades hidrofílicas de los polímeros presentes en el mucílago, los cuales retienen moléculas de agua y retrasan el proceso de hidratación del cemento en edades tempranas. No obstante, este efecto fue menos pronunciado en las muestras con mayor relación de dilución, como CO+1-3N y CO+1-3NT, que alcanzaron valores de 246,5 kg/cm² y 244,1 kg/cm², respectivamente.

Finalmente, los autores concluyeron que la relación nopal-agua 1:3 presentó los valores más altos de resistencia dentro de las mezclas con adición de mucílago, evidenciando que este aditivo natural actúa principalmente como retardante del fraguado del concreto.

2.1.2. Nacional

Bañez y Veramendi (2021), en su tesis titulada *Influencia en el ensayo a compresión del concreto f'c = 175 kg/cm² adicionando mucílago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz–Áncash–2021,* tuvieron como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de mucílago de penca de tuna y del aditivo superplastificante Sika N290 en la resistencia a la compresión de un concreto f'c = 175 kg/cm². Se consideraron dosificaciones de 1 %, 3 % y 6 % para el mucílago de penca de tuna, y de 1 %, 1,5 % y 2 % para el aditivo Sika N290. La metodología empleada correspondió a un enfoque experimental, de tipo aplicado y nivel correlacional.

Los resultados evidenciaron una tendencia positiva en la resistencia a la compresión tanto para el mucílago de penca de tuna como para el superplastificante Sika N290, en comparación con la mezcla patrón, que alcanzó una resistencia de 176,3 kg/cm². En el caso del mucílago de penca de tuna, la resistencia aumentó a 177,7 kg/cm², 182,8 kg/cm² y 188,5 kg/cm² para las dosificaciones de 1 %, 3 % y 6 %, respectivamente, lo que representó un incremento máximo del 6,9 %. Por su parte, la incorporación del superplastificante Sika N290 generó resistencias de 177 kg/cm², 181,7 kg/cm² y 187,4 kg/cm², alcanzando un incremento máximo del 6,3 %.

En cuanto al asentamiento, el mucílago de penca de tuna presentó variaciones entre 2 y 3 pulgadas conforme aumentó la dosificación, mientras que el Sika N290 mantuvo un asentamiento relativamente constante de 2,5 pulgadas. Estos resultados demostraron que ambos aditivos mejoraron el comportamiento mecánico del concreto dentro de los porcentajes evaluados, aunque con diferencias en su influencia sobre la trabajabilidad.

Finalmente, los autores concluyeron que la incorporación de mucílago de penca de tuna incrementó la resistencia a la compresión del concreto, evidenciando su potencial como aditivo natural en mezclas de concreto de resistencia media.

Valverde (2023), en su investigación titulada *Determinación de la resistencia a compresión axial del concreto estructural f'c = 210 kg/cm² integrando a la mezcla como aditivo natural el mucílago de penca de tuna en la ciudad de Abancay, 2022*, tuvo como objetivo determinar la influencia de la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la resistencia a compresión axial del concreto f'c = 210 kg/cm². El estudio empleó una metodología de enfoque experimental de tipo aplicado.

Los resultados evidenciaron una mejora progresiva en la resistencia a compresión axial del concreto conforme aumentó el porcentaje de adición del mucílago de penca de tuna. A los 28 días, el concreto con adición alcanzó una resistencia de 326,65 kg/cm², lo que representó un incremento significativo respecto al concreto patrón, destacándose la dosificación del 2 % como la más eficiente. A edades tempranas de 7 y 14 días también se observó un comportamiento ascendente en la resistencia, consolidándose el mayor desempeño a los 28 días como edad de máxima resistencia.

En cuanto a la trabajabilidad, el asentamiento del concreto patrón fue de 7,6 cm, incrementándose progresivamente con la incorporación del aditivo: 7,8 cm (1,5 %), 8,3 cm (2 %), 9,4 cm (2,5 %) y 10,2 cm (3 %), lo que evidenció que mayores concentraciones de mucílago de penca de tuna mejoraron ligeramente la consistencia del concreto.

Finalmente, se concluyó que la incorporación de mucílago de penca de tuna no solo incrementó la resistencia a compresión del concreto, sino que también mejoró su

trabajabilidad, siendo la dosificación del 2 % la más eficiente para optimizar ambas propiedades.

García (2021), en su tesis titulada *Efecto del mucílago de tuna en el tiempo de fraguado y resistencia a la compresión del concreto f'c = 210 kg/cm², Santa Cruz Cajamarca 2021*, tuvo como objetivo determinar el efecto del mucílago de tuna en el tiempo de fraguado y en la resistencia a la compresión del concreto f'c = 210 kg/cm². La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño experimental.

Los resultados evidenciaron que la incorporación de mucílago de tuna en proporciones de 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1,00 %, 2,00 % y 3,00 % respecto al peso del cemento generó un efecto positivo en el tiempo de fraguado inicial, actuando como un aditivo retardante. Este comportamiento fue corroborado mediante análisis estadístico ANOVA, obteniéndose un valor $p < 0,05$, lo que indicó significancia estadística.

En cuanto a la resistencia a la compresión, se observó un incremento significativo en las dosificaciones de 1,00 % y 2,00 %, presentando una correlación de Pearson de 0,999 y un valor $p = 0,021$ ($p < 0,05$), lo cual confirmó la relación entre la dosificación del aditivo y el comportamiento mecánico del concreto. La dosificación óptima de 2,00 % no solo mejoró la resistencia a la compresión, sino también el tiempo de fraguado, consolidándose como una alternativa eficiente para optimizar el desempeño del concreto f'c = 210 kg/cm².

Finalmente, se concluyó que la incorporación de mucílago de tuna tiene un efecto positivo en las propiedades del concreto, mejorando tanto el tiempo de fraguado como la resistencia a la compresión en el diseño evaluado.

Quispe (2021), en su tesis titulada *Efectos del aloe vera y mucílago de nopal en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto f'c = 280 kg/cm²*, tuvo como objetivo determinar el efecto del aloe vera y del mucílago de nopal en la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto f'c = 280 kg/cm². La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño experimental y tipología aplicada.

Los resultados evidenciaron que el concreto patrón alcanzó una resistencia a la compresión de 280,44 kg/cm², cumpliendo con las especificaciones técnicas y los

lineamientos establecidos por la guía ACI, lo que permitió la continuidad de los ensayos experimentales. Posteriormente, se evaluaron mezclas con la incorporación de aloe vera y mucílago de nopal en diferentes proporciones.

En cuanto a la resistencia a la compresión, los resultados mostraron que con una dosificación de 15 % de mucílago de nopal se obtuvo una resistencia de 289,03 kg/cm², mientras que con 1,5 % de aloe vera se alcanzó una resistencia de 281,37 kg/cm², siendo estos los valores más altos registrados. Estos resultados evidenciaron que el mucílago de nopal presentó un efecto positivo en la mejora de la resistencia a la compresión del concreto.

Asimismo, las pruebas de permeabilidad indicaron que las dosificaciones de 15 % de mucílago de nopal y 1,5 % de aloe vera redujeron significativamente la permeabilidad, alcanzando valores de 123,49 mm/min y 118,59 mm/min, respectivamente, lo que evidenció una mejora en la durabilidad del concreto.

Finalmente, se concluyó que la incorporación de mucílago de nopal en una dosificación del 15 % mejora el desempeño del concreto, incrementando su resistencia a la compresión y reduciendo su permeabilidad.

Bernedo y Pinchipinchi (2022), en su investigación titulada *Análisis de mucílago de tuna y aditivo superplastificante en las propiedades físico-mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Moquegua, 2022*, tuvieron como objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto fresco y endurecido con una resistencia de diseño de f'c = 210 kg/cm² mediante la incorporación de mucílago de tuna (MT) y aditivo superplastificante (ASP). La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño preexperimental y de tipo aplicado.

Los resultados evidenciaron que la incorporación de mucílago de tuna influyó positivamente en la resistencia a la compresión del concreto endurecido. A los 7 días, las dosificaciones de 1,0 % y 2,0 % de MT mostraron mejoras en la resistencia respecto a la mezcla patrón, destacándose la dosificación de 2,0 % por presentar los mejores resultados. A los 14 días, esta tendencia se mantuvo, observándose nuevamente un mejor

desempeño en las mezclas con 2,0 % de MT. Finalmente, a los 28 días, se verificó que dicha dosificación alcanzó la mayor resistencia a la compresión, consolidándose como la alternativa más eficiente entre las evaluadas.

Asimismo, la incorporación del aditivo superplastificante en proporciones de 0,7 %, 1,0 %, 1,20 % y 1,50 % generó incrementos significativos en la resistencia a la compresión desde edades tempranas. Los resultados mostraron una mejora progresiva del comportamiento mecánico del concreto a medida que avanzó el periodo de curado, evidenciando la efectividad del aditivo químico en las primeras etapas de endurecimiento.

Finalmente, los autores concluyeron que el mucílago de tuna presentó una mayor efectividad para incrementar la resistencia a la compresión a los 28 días de curado, mientras que el aditivo superplastificante produjo mejoras más notorias desde edades tempranas, especialmente a los 7 días.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

El concreto es un material compuesto constituido por una mezcla de agua, arena, grava y un material cementante. Este último desarrolla sus propiedades al interactuar con el agua, generando una pasta que une los agregados y, en algunos casos, materiales puzolánicos incorporados a la mezcla. Asimismo, el concreto es considerado una roca artificial debido a su elevada resistencia y durabilidad. En estado fresco presenta una adecuada trabajabilidad, lo que permite moldearlo según las necesidades de la obra; mientras que, en estado endurecido, adquiere una notable capacidad para soportar esfuerzos mecánicos, especialmente de compresión, además de resistir diversas condiciones ambientales. Adicionalmente, es posible incorporar aditivos para optimizar sus propiedades de acuerdo con requerimientos específicos (Matallana, 2023).

De manera similar, la Norma Técnica Peruana 339.047 (2019) establece que esta combinación de materiales da origen a un producto durable y versátil, adecuado para una amplia variedad de aplicaciones en la construcción. Su composición básica comprende

un material aglomerante, agua como agente activador del proceso de hidratación y agregados pétreos. Asimismo, algunas mezclas incorporan puzolanas, escorias o aditivos químicos con la finalidad de mejorar determinadas propiedades físicas y mecánicas.

Por sus características, el concreto constituye uno de los materiales más importantes y utilizados en la construcción de estructuras a nivel mundial. Entre sus principales ventajas destacan su capacidad de adaptarse a diferentes formas y dimensiones, así como su comportamiento resistente una vez endurecido. En este sentido, aunque en estado fresco es un material moldeable y manejable, al completar su proceso de fraguado y endurecimiento adquiere rigidez y resistencia, permitiendo su aplicación en diversos tipos de obras de ingeniería y edificación (Quispe, 2021).

2.2.2. Propiedades del Concreto

2.2.2.1. Trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto es una propiedad fundamental que describe la facilidad y uniformidad con la que este puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado en estado fresco. Esta característica depende principalmente de la cantidad de agua presente en la mezcla y de la relación agua-cemento, ya que un incremento en el contenido de agua suele mejorar la fluidez y facilitar las operaciones constructivas. Sin embargo, un exceso de agua puede afectar negativamente la resistencia del concreto endurecido debido a la formación de vacíos capilares ocasionados por la evaporación del agua libre. Por ello, resulta indispensable mantener un equilibrio adecuado en la dosificación de los materiales para garantizar tanto la trabajabilidad como el desempeño mecánico del concreto (Carhuavilca et al., 2020).

Asimismo, la trabajabilidad está influenciada por diversos factores, entre los que destacan la cantidad de agua, el tipo y contenido de cemento, la granulometría y forma de los agregados, así como las condiciones ambientales de temperatura y humedad. Cuando estos componentes se encuentran adecuadamente proporcionados, el concreto presenta una consistencia que permite su manipulación y colocación sin perder cohesión ni generar segregación. En contraste, una trabajabilidad excesiva puede ocasionar asentamientos

elevados y pérdida de uniformidad en la mezcla, afectando la resistencia y durabilidad del material una vez endurecido. En consecuencia, el control adecuado de las proporciones de la mezcla constituye un aspecto esencial para optimizar el comportamiento del concreto durante su ejecución y servicio (Valverde, 2023).

Tabla 1

Clasificación del concreto por trabajabilidad

Asentamiento (cm)	Consistencia	Grado de trabajabilidad
0 a 2,0	Muy seca	Muy bajo
2,0 a 3,5	Seca	Bajo
3,5 a 5,0	Semi - seca	Bajo
5,0 a 10,0	Media	Medio
10,0 a 15,0	Húmeda	Alto

Nota. Elaboración propia con base en Matallana (2023, p. 29).

2.2.2.2. Asentamiento

La Norma Técnica Peruana 339.047 (2019) define el asentamiento como la contracción vertical que experimenta una mezcla de materiales cementicios recién preparada antes del inicio del proceso de fraguado. Este fenómeno se produce como consecuencia de la contracción química, el ascenso de las burbujas de aire hacia la superficie y la exudación, proceso mediante el cual las partículas sólidas sedimentan en relación con la fase líquida de la mezcla.

Asimismo, el asentamiento del concreto, conocido internacionalmente como slump, constituye un ensayo que permite evaluar la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco. Esta prueba se realiza mediante un molde troncocónico metálico, denominado cono de Abrams, el cual se llena con la mezcla de concreto siguiendo un procedimiento normalizado. Una vez retirado el molde, se mide la disminución de altura experimentada por la mezcla, conocida como asentamiento. El valor obtenido constituye un indicador fundamental de la trabajabilidad del concreto: un asentamiento reducido puede evidenciar una mezcla poco manejable, mientras que un asentamiento excesivo suele asociarse con

un contenido elevado de agua, situación que puede afectar negativamente la resistencia y durabilidad del concreto endurecido. Por esta razón, el control del asentamiento resulta esencial para garantizar la calidad y el desempeño del material en obra (Valverde, 2023).

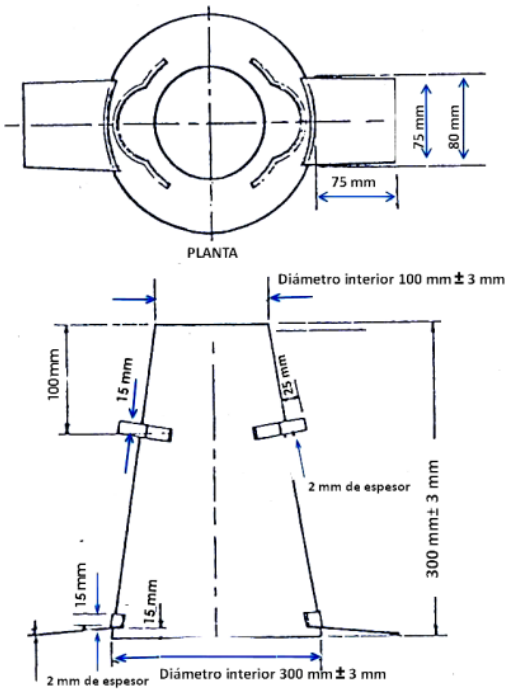
2.2.2.3.Evaluación para asentamiento

Según Matallana (2023), el ensayo de asentamiento tiene como finalidad medir la consistencia o grado de humedad de una mezcla de concreto fresco. Esta prueba se realiza mediante un molde troncocónico metálico conocido como cono de Abrams, el cual permite determinar la trabajabilidad del concreto a partir de la deformación que experimenta la mezcla al retirar el molde.

Asimismo, el autor señala que, cuando la mezcla contiene agregados con tamaños superiores a 37,5 mm, estos deben ser previamente tamizados y retirados para garantizar la validez del ensayo. Del mismo modo, la prueba no resulta aplicable a concretos con asentamientos inferiores a 15 mm o superiores a 230 mm, debido a que dichas mezclas pueden carecer de la plasticidad o cohesión necesarias para obtener resultados confiables. Por ello, el ensayo de asentamiento constituye una herramienta fundamental para el control de calidad del concreto en estado fresco (Matallana, 2023).

Figura 1

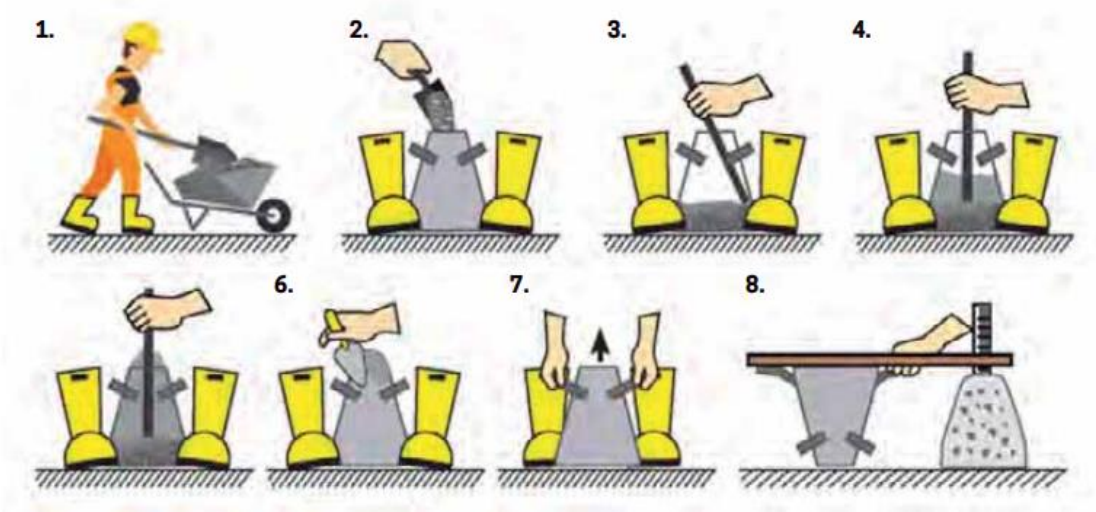
Cono de Abrams



Nota. Elaboración propia con base en la NTP 339.035 (INACAL, 2009).

Figura 2

Procedimiento de ensayo de asentamiento



Nota. Tomado de Matallana (2023, p. 29).

El ensayo de asentamiento consiste en llenar un molde cónico en tres capas, cada una compactada con 25 golpes de una varilla. Tras nivelar la última capa, el molde se retira lenta y verticalmente. La diferencia entre la altura del molde y la del concreto asentado se mide como el asentamiento. Todo el proceso debe completarse en menos de dos minutos (Bernedo y Pinchipinchi, 2022).

Tabla 2

Clases de mezclas según su asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seco	0”-2”	Poco trabajable	Vibraciones normales
Plástico	3”-4”	Trabajable	Vibraciones ligeras chuseados
Fluida	>5”	Muy trabajable	Chuseado

Nota. Tomado de Bernedo y Pinchipinchi (2022).

2.2.2.4. Resistencia a Compresión

La resistencia a la compresión constituye la propiedad mecánica más representativa del concreto y la de mayor importancia en el diseño y control de estructuras. Esta propiedad refleja la capacidad del material para soportar cargas axiales de compresión sin fallar y es fundamental en la ingeniería estructural. En aplicaciones avanzadas, como los hormigones de altas prestaciones (HAP), se pueden alcanzar resistencias características superiores a 40 MPa, lo que evidencia su capacidad para responder a exigencias estructurales elevadas (León & Rodríguez, 2022).

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015), la resistencia a compresión axial es la principal propiedad mecánica del concreto y representa su capacidad para soportar cargas verticales. Para su determinación, las muestras de concreto se someten a cargas de compresión axial crecientes hasta su falla. La resistencia se obtiene dividiendo la carga máxima alcanzada entre el área de la sección transversal de la probeta.

Este comportamiento depende de factores como el tipo y contenido de cemento, la relación agua/cemento, el tamaño de los agregados y las condiciones de curado y ambiente. Por ello, su evaluación resulta esencial en el diseño y la verificación de estructuras de concreto.

2.2.2.5. Prueba de Resistencia a Compresión del concreto

Las muestras de hormigón que han sido curadas en ambiente húmedo deben someterse a ensayos de compresión inmediatamente después de ser retiradas del almacenamiento húmedo. Asimismo, deben protegerse adecuadamente para evitar la pérdida de humedad durante el tiempo transcurrido entre su extracción y el ensayo. Estas condiciones buscan garantizar que la evaluación del concreto represente de manera realista su comportamiento en la etapa de curado, conforme a lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015).

En relación con lo anterior, Valverde (2023) señala que la resistencia a la compresión es una propiedad mecánica del hormigón que expresa su capacidad para soportar esfuerzos axiales por unidad de área. Esta propiedad se expresa en unidades como MPa, kg/cm², psi o lb/in², ya que corresponde a un esfuerzo o presión aplicada sobre el material.

Tabla 3

Edades de ensayo y tolerancias permisibles

Edad de ensayo	Tolerancias permisibles
24 hrs	±0,5h ó 2,1 %
3 ds	±2h ó 2,8 %
7 ds	±6h ó 3,6 %
28 ds	±20h ó 3,0 %
90 ds	±48h ó 2,2 %

Nota. Esta tabla ha sido elaborada con base en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015).

El equipo de ensayo de compresión debe encontrarse calibrado y contar con una capacidad de carga suficiente para la realización de las pruebas. El porcentaje de error no debe superar el ±1,0 % de la carga especificada. Asimismo, los extremos superior e inferior del equipo deben estar asegurados con bloques de acero para garantizar una distribución uniforme de la carga. Del mismo modo, el indicador de carga debe presentar una precisión de medición del 0,1 % respecto a la carga máxima de la escala, conforme a lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015).

Tabla 4

Diámetros máximos de especímenes

Diámetro de muestra, mm	Max. diámetro mm
50.0	105.00
75.0	130.00
100.0	165.00
150.0	255.00
200.0	280.00

Nota. Esta tabla ha sido elaborada con base en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015).

De forma general, el ensayo de compresión consiste en la evaluación del concreto, la cual se realiza comúnmente a los 28 días de edad, aunque en ciertas estructuras como presas, túneles o en el uso de cementos especiales, este periodo puede variar. La prueba se ejecuta en especímenes cilíndricos normalizados con dimensiones de 6” × 12” o 4” × 8”. Durante el ensayo, los cilindros son sometidos a una carga axial creciente hasta alcanzar su rotura, lo que permite determinar la resistencia máxima del concreto para soportar esfuerzos de compresión (Falcon, 2022).

Para poder determinar capacidad para soportar cargas es necesario desarrollar la ecuación siguiente:

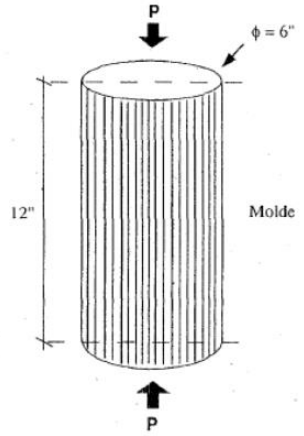
$$fc = \frac{P}{A}$$

Donde:

- P = cargas axiales aplicadas al cilindro (kg).
- A = áreas del cilindro (cm2).

Figura 3

Esquema sobre ensayo de compresión



Nota. Fuente: Falcon (2022).

2.2.3. Elementos del concreto

2.2.3.1. Cemento Portland

El cemento Portland se obtiene a partir de la pulverización del clinker, material compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulicos. Durante su fabricación, se adicionan sulfatos de calcio, como el yeso, con el fin de regular el tiempo de fraguado. Este material posee la capacidad de endurecer y ganar resistencia al reaccionar con el agua, lo que lo convierte en un insumo esencial en la construcción, destacando por su durabilidad y su capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2019).

De acuerdo con Ramírez (2008), la producción de cemento es un proceso complejo que comprende diversas etapas controladas para garantizar la calidad del producto final.

Inicialmente, las materias primas se muelen y mezclan de manera homogénea antes de ingresar al horno rotatorio, donde se someten a temperaturas cercanas a 1450 °C. En este proceso se forma el clinker, que luego es enfriado rápidamente y posteriormente molido hasta obtener un polvo fino, al cual se le adiciona yeso en pequeñas proporciones.

En cuanto a su clasificación, según la norma ASTM C150 (ASTM International, 2019), los cementos Portland se agrupan en diferentes tipos, del I al V, además de variantes como I-A, II-A y III-A. Estos últimos son similares a los tipos básicos, pero incorporan agentes inclusores de aire durante la molienda del clinker, lo que mejora propiedades como la trabajabilidad y la resistencia a ciclos de congelación y deshielo (Matallana, 2023). La tabla siguiente presenta su clasificación.

Tabla 5

Tipos de cementos Pórtland según ASTM C150

Tipo de cemento	Uso
I	Se emplea en obras donde no se demandan características especiales relacionadas al desempeño
II	Utilizado cuando se requiere una resistencia moderada frente a la acción de los sulfatos o a una generación media de calor por hidratación
III	Recomendado en proyectos que exigen un rápido desarrollo de resistencia en las primeras edades
IV	Adecuado para estructuras en las que se debe minimizar la liberación de calor durante el proceso de hidratación
V	Ideal para ambientes con alta exposición a sulfatos, debido a su elevada resistencia a estos compuestos

Nota. Fuente: ASTM International (2009), norma ASTM C150.

2.2.3.2. Agregados Gruesos

Los áridos gruesos pueden obtenerse mediante la trituración de rocas o por la extracción de grava del lecho de los ríos, constituyendo uno de los componentes principales en la construcción. Estos materiales deben cumplir con especificaciones estrictas para

garantizar la calidad del concreto; por ejemplo, su contenido de materia orgánica no debe superar el 1,5 %, mientras que el contenido de arcillas y partículas finas no debe exceder el 5 % (Ortega, 2005).

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015), los agregados gruesos corresponden a aquellos materiales retenidos en el tamiz Nº 4, desempeñando un papel fundamental en la fabricación del concreto. Su granulometría adecuada contribuye a la resistencia, estabilidad y reducción de vacíos en la mezcla, mejorando la cohesión del material.

Asimismo, estos agregados se evalúan mediante ensayos como la distribución del tamaño de partícula, gravedad específica en estado seco, absorción, abrasión y contenido de vacíos. En investigaciones recientes, se comparan las propiedades de agregados naturales y reciclados, ajustando su granulometría mediante tamizado y mezclado para cumplir con las especificaciones del tamaño máximo nominal requerido (Cruz & Ramírez, 2022).

Figura 4

Esquema sobre ensayo de compresión

Nota. Fuente: Cruz y Ramírez (2022).

2.2.3.3. Agregados Finos

Los agregados son componentes esenciales pero inertes dentro de las mezclas de concreto, lo que significa que no reaccionan químicamente con los demás materiales. Sin

embargo, deben cumplir estrictos estándares de pureza, encontrándose libres de materia orgánica, polvo e impurezas que puedan afectar la calidad del concreto. Con el fin de lograr un comportamiento seguro y eficiente, estos materiales deben ajustarse a los criterios establecidos por las normativas internacionales que regulan sus propiedades físicas y químicas (Ortega, 2005).

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2015), los agregados gruesos corresponden a aquellos materiales que quedan retenidos en el tamiz Nº 4, mientras que las fracciones más finas pasan a través de tamices menores, como el Nº 200. Estas especificaciones granulométricas aseguran una adecuada distribución del tamaño de partículas, lo cual es fundamental para la compacidad, trabajabilidad y resistencia del concreto en estado fresco y endurecido.

En relación con sus propiedades, Solórzano et al. (2024) afirman que aproximadamente el 40 % de las partículas de la mezcla corresponden a agregados finos, los cuales equilibran el comportamiento del agregado grueso en la composición del hormigón. Características como la textura, la humedad, la absorción, el módulo de finura y la gravedad específica influyen directamente en el desempeño del concreto, afectando su resistencia, cohesión y trabajabilidad en estado fresco, así como sus propiedades mecánicas y durabilidad en estado endurecido.

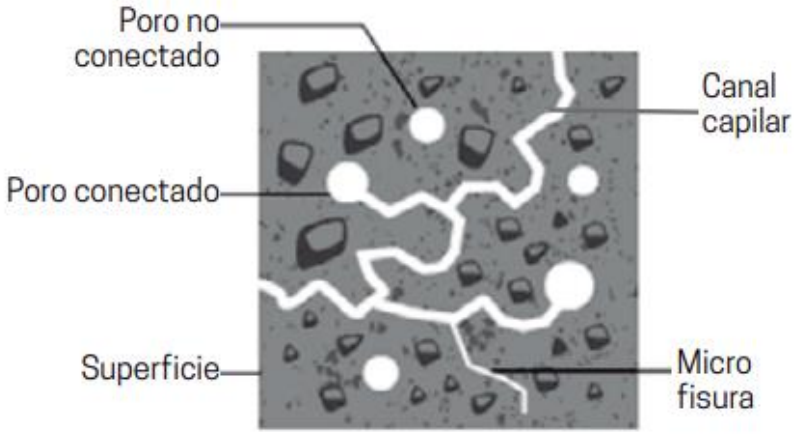
2.2.3.4.Agua

Como dice Ortega (2005), este líquido que se emplea en el concreto debe ser potables y estar sin de impurezas como aceites-ácidos-sales y materia orgánicas. Este requisito es fundamental para garantizar la calidad de la mezcla y evitar reacciones químicas perjudiciales. Su propósito principal es hidratar el cemento, permitiendo que este desarrolle sus propiedades aglutinantes. La calidad y pureza del agua son aspectos críticos para asegurar que el concreto alcance sus propiedades físicas y mecánicas esperadas.
Alrededor del 15 % del volumen total del hormigón está formado por agua de amasado, que cumple dos funciones fundamentales. Por un lado, hidrata el cemento, creando los compuestos químicos que dan al material su resistencia y longevidad. Sin embargo, le da a la mezcla más fluidez, lo que la hace más fácil de manejar. A lo largo del proceso de

endurecimiento, el agua que no es absorbida químicamente por el hormigón se evapora, dejando canales capilares que alteran las propiedades del material terminado. Estos espacios comprometen la longevidad del hormigón al disminuir la densidad, disminuir la resistencia, aumentar la permeabilidad y promover procesos como el agrietamiento por contracción y la corrosión del acero de refuerzo (Matallana, 2023)**.**

Figura 5

Conductos microscópicos generados en el interior del concreto como resultado de la evaporación del agua utilizada en la mezcla



Nota. Fuente: Matallana (2023).

La proporción entre cemento y agua es un factor fundamental en la elaboración del concreto. Un mayor contenido de agua en la mezcla incrementa su trabajabilidad y plasticidad, facilitando su colocación y acabado durante el proceso constructivo. Por otro lado, un exceso de agua aumenta el volumen de vacíos capilares, lo que debilita el concreto y lo hace más susceptible a la permeabilidad y la degradación. En este sentido, para garantizar que el concreto cumpla con los criterios de resistencia, durabilidad y desempeño a largo plazo, es esencial mantener un equilibrio adecuado en esta proporción (Guevara et al., 2012).

2.2.3.5.Aditivos del concreto

Los aditivos para el concreto son ingredientes adicionales que se añaden a la mezcla para cambiar una o más de sus características y mejorar el rendimiento durante las fases de producción, envío e instalación. Antes o durante el proceso de mezclado, estos materiales (además de agua, áridos, cementos hidráulicos y refuerzos de fibra) se añaden para afectar a propiedades particulares de la nueva mezcla, como su trabajabilidad, tiempo de fraguado o capacidad de endurecimiento. Su aplicación es esencial para modificar el hormigón para que se adapte a diversos entornos de construcción, mejorando su funcionalidad y cumpliendo con las especificaciones técnicas y de construcción del proyecto (NTP 339.034, 2015).

Luego de establecer el concepto de aditivo, se procederá a identificar las distintas tipologías existentes, comenzando por la clasificación contemplada en la norma ASTM C494.

Tabla 6

Clasificación para aditivos de acuerdo a ASTM 494

CLASIFICACION DE ADITIVOS	
A	Permiten disminuir la cantidad de agua necesaria en la mezcla.
B	Extienden el tiempo de fraguado del concreto, retardando su endurecimiento inicial.
C	Aceleran el inicio del fraguado, favoreciendo un endurecimiento más rápido del concreto.
D	Combinan la reducción del contenido de agua con un retardo en el tiempo de fraguado
E	Disminuyen el agua requerida y, a su vez, aceleran el proceso de fraguado
F	Logran una reducción significativa en la cantidad de agua utilizada
G	Reducen notablemente el agua de la mezcla y, además, aceleran el fraguado del concreto

Nota. Fuente: ASTM International (2022), norma ASTM C494.

2.2.4. Penca de tuna

La tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) es una especie cactácea de gran importancia en los sistemas agropastoriles de los Andes peruanos, especialmente en los valles interandinos, donde las condiciones ambientales favorecen su desarrollo. Su relevancia se debe a la diversidad de usos que ofrece. Sus frutos son apreciados tanto para el consumo directo de las poblaciones locales como para la elaboración de productos derivados, entre ellos mermeladas, que poseen valor comercial en los mercados regionales.

Asimismo, los cladodios o tallos constituyen una importante fuente de alimento para el ganado durante los periodos de sequía, contribuyendo a la sostenibilidad de la actividad pecuaria y a la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. De igual manera, la tuna es empleada en la formación de cercos vivos y, una vez concluido su ciclo de vida, sus

residuos vegetales pueden utilizarse en la producción de abonos orgánicos, favoreciendo prácticas agrícolas sostenibles y la conservación de los recursos naturales (Gerencia Regional Agraria La Libertad, 2009).

Figura 6

Morfología de la planta de tuna

Nota. Elaboración propia a partir de Gerencia Regional Agraria La Libertad (2009).

Las pencas de tuna presentan dimensiones que oscilan entre 30 y 60 cm de longitud, 20 y 40 cm de ancho y entre 2 y 3 cm de espesor. Según la variedad, pueden presentar espinas o carecer de ellas, siendo estas últimas las más adecuadas para la alimentación animal debido a su mayor facilidad de consumo. Estas estructuras poseen una coloración verde opaca y están cubiertas por una cutícula rica en compuestos lipídicos que reduce la pérdida de agua y favorece su adaptación a condiciones de altas temperaturas.

Asimismo, la fotosíntesis se realiza en las areolas, donde la energía luminosa es transformada en energía química necesaria para el desarrollo de la planta. Por otro lado, el sistema radicular suele ser profundo, aunque puede desarrollar raíces superficiales en función de la disponibilidad de humedad en el suelo. Una de las características más destacadas de las pencas de tuna es su elevado contenido de agua, que puede alcanzar

hasta el 95 % de su peso fresco, convirtiéndolas en una importante fuente de hidratación para el ganado durante periodos de escasez hídrica (Rojas et al., 2018).

Figura 7

Morfología de la penca tuna

Nota. a) largo; b) ancho; c) perímetro; y d) grosor. Elaboración propia a partir de Gerencia Regional Agraria La Libertad (2009).

2.2.4.1. Mucílago De Penca De Tuna

Bañez y Veramendi (2021) señalan que los mucílagos presentes en los tallos de la tuna provienen de plantas nativas que se desarrollan de manera natural en diferentes zonas geográficas, tanto de baja como de gran altitud. La calidad y cantidad de estos compuestos dependen en gran medida de factores agronómicos, como el manejo del cultivo y las prácticas de fertilización.

Las ramas o cladodios de estas plantas presentan dimensiones que oscilan entre 32 y 50 cm de longitud, 25 y 45 cm de ancho y entre 3 y 4 cm de grosor. La estructura vegetal está constituida principalmente por pencas maduras y cladodios tiernos, los cuales cumplen funciones esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta. Asimismo, la tuna se caracteriza por poseer tallos segmentados, aplanados y de forma elíptica, generalmente desprovistos de espinas. Sus flores se desarrollan en los bordes de los

cladodios y, tras el proceso de fructificación, dan origen a los tunos, que constituyen los frutos de la planta (Bañez & Veramendi, 2021).

Figura 8

Mucílago de penca de tuna diluida en agua

Nota. Elaboración propia a partir de Olivero et al. (2014).

2.2.4.2. Composición química para el mucílago de penca de tuna

García (2021) señala que la composición química de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), tanto en sus cladodios como en sus frutos, le confiere un importante valor nutricional y funcional. Estos órganos vegetales contienen elevados niveles de fibra dietética, la cual favorece el adecuado funcionamiento del sistema digestivo. Asimismo, presentan una considerable concentración de hidrocoloides, especialmente mucílago, compuesto que posee propiedades gelificantes y que es ampliamente utilizado en aplicaciones industriales, farmacéuticas y alimentarias.

Por otro lado, los cladodios constituyen una fuente relevante de minerales esenciales, entre ellos calcio y potasio, elementos fundamentales para el mantenimiento de la salud ósea y el correcto funcionamiento muscular. De igual manera, la presencia de vitamina C contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico y ejerce una importante acción

antioxidante. Las principales propiedades químicas del cladodio de *Opuntia ficus-indica* se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Composición química para la penca de tuna

PENCA DE TUNA		
Componentes	Con un mes de edad aproximada	Con un año de edad aproximada
Humedad %	92.57	94.33
Proteína (x. 6.25) %	0.97	0.48
Grasas %	0.17	0.11
Fibras %	0.30	1.06
Ceniza %	0.08	1.60
Carbohidrato %	5.96	2.43
Vitaminas (mg/100g)	37.27	23.11
Ca %	0.042	0.339
Na %	0.0018	0.0183
K%	0.00098	0.145
Fe %	0.0792	0.322

Nota. Elaboración propia a partir de García (2021).

2.2.4.3. Clasificación de la penca de tuna

Según la Gerencia Regional Agraria La Libertad (2009), la penca de tuna (Opuntia ficus-indica) puede clasificarse de acuerdo con sus características morfológicas y de desarrollo. La clasificación correspondiente se presenta a continuación.

Tabla 8

Clasificación Científica para penca de tuna

CLASIFICACION	
Reino	Pertenece al reino Plantae, compuesto por organismos vegetales
División	Se clasifica dentro de la división Magnoliophyta, que agrupa plantas con flores.
Clase	Forma parte de la clase Magnoliopsida, correspondiente a las dicotiledóneas.
Orden	Está ubicada en el orden Caryophyllales, que incluye diversas plantas suculentas.
Familia	Integra la familia Cactaceae, comúnmente conocidas como cactus.
Subfamilia	Se enmarca en la subfamilia Opuntioideae, caracterizada por especies con segmentos aplanados
Género	Corresponde al género Opuntia, reconocido por sus pencas carnosas
Especie	La especie específica utilizada es ficus-indica.
Nombre binomial	Su denominación científica completa es Opuntia ficus-indica (L.) Mill., 1768.

Nota. Fuente: Gerencia Regional Agraria La Libertad (2009).

2.3.Definición de términos

2.3.1. Mucílago de Penca de Tuna:

Sustancia viscosa y gelatinosa obtenida de la planta de penca de tuna (Opuntia ficus-indica), utilizada como aditivo natural en la mezcla de concreto. Su composición incluye carbohidratos, pectinas y polisacáridos que pueden modificar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

2.3.2. Esfuerzo de compresión:

Es la capacidad del concreto para resistir fuerzas aplicadas que tienden a reducir su tamaño. Se mide en megapascales (MPa) y es uno de los parámetros clave para evaluar la resistencia estructural del concreto.

2.3.3. Concreto patrón:

Mezcla de concreto tradicional sin aditivos adicionales, utilizada como referencia en los ensayos para comparar los efectos del mucílago de penca de tuna.

2.3.4. Trabajabilidad (Slump):

Característica del concreto plástico que describe su facultad para fluir y colocarse en los moldes. Se mide por medio el ensayo de asentamiento de cono (slump test).

2.3.5. Peso unitario:

Relaciones entre la masa del concreto y el volumen, expresada en kg/m^3. Es un indicador de la densidad del material.

2.3.6. Contenido de aire:

Es el % de vacíos presentes en el concreto fresco o endurecido, afectando su resistencia.

2.3.7. Resistencia a compresión:

Parámetro que evalúa la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión en diferentes edades de madurez, según normas técnicas como ASTM C39.

2.3.8. Aditivo natural:

Material de origen orgánico o mineral, como el mucílago de penca de tuna, que se agrega al concreto para modificar sus propiedades sin alterar su composición base.

2.3.9. Análisis de Costos Unitarios (A.C.U.):

Método que permite calcular el costo total de producción por unidad de medida (m^3 de concreto) considerando materiales, mano de obra y equipos involucrados en el proceso.

2.3.10. Normas técnicas de laboratorio:

Reglas y procedimientos estandarizados, como las especificadas por ASTM, utilizadas para garantizar la confiabilidad y precisión en los ensayos de concreto.

Capítulo III:
Marco metodológico

3.1. Tipo de investigación

Hernández y Mendoza (2018) señalan que la investigación aplicada se orienta a la solución de problemas prácticos mediante la generación de conocimientos con utilidad directa en contextos específicos. Este tipo de investigación busca articular la teoría con la práctica, empleando conceptos, métodos y herramientas previamente establecidos para atender necesidades concretas en una comunidad, sector o disciplina.

En concordancia con ello, el presente estudio se enmarca dentro del tipo de investigación aplicada, ya que tiene como finalidad generar conocimientos prácticos orientados a la solución de un problema específico en el sector construcción. En particular, se busca mejorar la calidad del concreto mediante la incorporación de mucílago de penca de tuna como aditivo, evaluando su influencia en las propiedades físicas, mecánicas y económicas del material, con aplicación en la ciudad de Tacna.

3.2. Enfoque de investigación

Hernández y Mendoza (2018) señalan que el enfoque cuantitativo en la investigación se basa en la recolección y análisis de datos numéricos, con el objetivo de describir, analizar, predecir o controlar fenómenos específicos. Este enfoque utiliza mediciones objetivas, técnicas estadísticas y herramientas matemáticas, lo que permite garantizar la precisión, consistencia y replicabilidad de los resultados.

En concordancia con ello, la presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la obtención y análisis de datos numéricos para evaluar de manera objetiva la influencia del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto. Para

ello, se realizarán ensayos de laboratorio controlados en los que se medirán el esfuerzo de compresión, la trabajabilidad, el peso unitario y el contenido de aire en las muestras de concreto con diferentes dosificaciones del aditivo.

3.3.Nivel de investigación

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), el nivel explicativo en la investigación tiene como finalidad identificar las causas y factores que originan un fenómeno, con el propósito de comprender su funcionamiento y las razones de su aparición. Este nivel de investigación va más allá de la descripción o la correlación de variables, ya que busca establecer relaciones causales sustentadas en fundamentos teóricos sólidos.

En concordancia con ello, la presente investigación es de nivel explicativo, debido a que no solo describe los efectos del mucílago de penca de tuna en el concreto, sino que también busca explicar las relaciones causales entre la incorporación de este aditivo natural y las propiedades físicas, mecánicas y económicas del material. Mediante ensayos de laboratorio, se analizará cómo la adición de mucílago influye en la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y otros parámetros relevantes del comportamiento del concreto.

3.4. Diseño de investigación

Hernández y Mendoza (2018) señalan que el diseño experimental se define como un tipo de investigación en el cual se manipulan deliberadamente las variables independientes con el propósito de analizar los efectos que estas generan sobre las variables dependientes, bajo condiciones controladas.

En concordancia con ello, la presente investigación corresponde a un diseño experimental, ya que busca evaluar el efecto de la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en el concreto. Para ello, se elaboraron diferentes mezclas con variaciones en el porcentaje del aditivo (0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %), con el objetivo de analizar su influencia en la resistencia a la compresión y otras propiedades físicas del material.

Asimismo, se consideró una mezcla patrón o de control (0 % de mucílago), lo que permitió comparar el comportamiento del concreto convencional con aquellas mezclas que incorporan el aditivo en distintas proporciones.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), la población en una investigación representa el conjunto total de elementos o unidades de análisis que comparten características similares y constituyen el objeto principal del estudio. Esta población puede estar conformada por individuos u otros elementos, dependiendo de la naturaleza de la investigación.

La población de la presente investigación está constituida por 63 probetas de concreto elaboradas en laboratorio, en las cuales se utilizó mucílago de penca de tuna como aditivo natural. Estas probetas corresponden a siete diseños de mezcla: una mezcla patrón o de control (0 % de mucílago), tres mezclas con incorporación del aditivo en proporciones de 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %, y tres mezclas adicionales con los mismos porcentajes, pero con reducción en el contenido de agua de mezclado.

El objetivo de estas combinaciones fue evaluar la influencia del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas, mecánicas y económicas del concreto.

3.5.2. Muestra

Con base en Hernández y Mendoza (2018), la muestra en una investigación es un subconjunto representativo de la población, seleccionado con el propósito de realizar inferencias o generalizaciones sobre el total de la misma. Su selección se realiza mediante métodos de muestreo que aseguran que los elementos elegidos reflejen adecuadamente las características de la población.

En el presente estudio, la muestra está constituida por 63 probetas de concreto, correspondientes a los siete diseños de mezcla considerados en la investigación. Estas incluyen una mezcla patrón o de control (0 % de mucílago de penca de tuna), tres mezclas con incorporación del aditivo en proporciones de 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %, y tres mezclas

adicionales con los mismos porcentajes, pero con reducción del contenido de agua de mezclado.

Las probetas fueron sometidas a ensayos de laboratorio para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, tales como la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, la trabajabilidad (slump), el peso unitario y el contenido de aire.

3.5.3. Muestreo

Hernández y Mendoza (2018) señalan que el muestreo es el proceso mediante el cual se selecciona una muestra representativa de una población. Este procedimiento implica la elección sistemática o aleatoria de un conjunto de elementos o unidades de análisis que reflejen adecuadamente las características de la población de interés.

En la presente investigación se emplea un muestreo no probabilístico de tipo intencional, mediante el cual se seleccionan deliberadamente las combinaciones de concreto con distintos porcentajes de mucílago de penca de tuna (0 %, 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %), con el propósito de evaluar sus efectos en las propiedades del concreto. Esta decisión metodológica responde al interés de analizar de forma específica la influencia del aditivo natural en el comportamiento del material.

3.5.4. Criterios de selección

Criterios de inclusión

- **Mezclas de concreto con mucílago de penca de tuna:** Se elaboraron mezclas con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %) como aditivo natural.
- **Propiedades físicas y mecánicas evaluadas:** Las muestras fueron sometidas a ensayos para determinar la resistencia a la compresión, la trabajabilidad (slump), el peso unitario y el contenido de aire, con el fin de analizar la influencia del aditivo en el comportamiento del concreto.
- **Edad de las muestras:** Las probetas fueron curadas y evaluadas a edades de 7, 14 y 28 días, con el propósito de analizar la evolución de sus propiedades mecánicas a lo largo del tiempo.

Criterios de exclusión

- **Mezclas con dosificaciones no consideradas en el estudio:** Se excluirán las mezclas de concreto que incorporen porcentajes de mucílago de penca de tuna diferentes a los establecidos en la investigación (0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %), debido a que podrían generar variaciones no contempladas y afectar la evaluación objetiva de su influencia en las propiedades del concreto.
- **Mezclas con aditivos distintos al evaluado:** No se incluirán aquellas mezclas que contengan aditivos adicionales al mucílago de penca de tuna, ya que la presencia de otros componentes podría interferir en los resultados y dificultar la determinación específica del efecto del aditivo natural objeto de estudio.
- **Muestras fuera de las edades de ensayo establecidas:** Se excluirán las probetas que no hayan sido evaluadas a los 7, 14 y 28 días de curado, debido a que estas edades constituyen los periodos definidos para analizar la evolución de las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Tabla 9

Justificación de porcentajes

TITULO DE INVESTIGACION	RELACION AGUA CEMENTO (DISEÑO)	PORCENTAJE USADO	VARIACION DE RESISTENCIA			MEJOR PORCENTAJE
			RESIST. PATRON (SIN ADITIVO) A LOS 28 DIAS	RESIST. CON ADITIVO A LOS 28 DIAS	PORCENTAJE DE VARIACION	
"Influencia en el ensayo a compresión del concreto f´c=175kg/cm2 adicionando mucílago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz-Ancash-2021"	0,590	1,00%	176,30	177,70	0,79%	6,00%
		3,00%		182,80	3,69%	
		6,00%		188,50	6,92%	
"Determinación de la resistencia a compresión axial del concreto estructural f'c=210 kg/cm2 integrando a la mezcla como aditivo natural el mucílago de penca de tuna en la ciudad de Abancay, 2022"	0,548	1,5%	307,39	312,97	1,82%	2,00%
		2,0%		326,65	6,27%	
		2,50%		237,41	-22,77%	
		3,00%		176,42	-42,61%	
"Efecto del mucílago de tuna en el tiempo de fraguado y resistencia a la compresión del concreto f'c=210 kg/cm2, Santa Cruz Cajamarca 2021"	0,558	0,25%	215,10	209,05	-2,81%	2,00%
		0,50%		210,92	-1,94%	
		0,75%		214,20	-0,42%	
		1,00%		218,02	1,36%	
		2,00%		233,20	8,41%	
		3,00%		206,76	-3,88%	
"Efectos del aloe-vera y mucílago de nopal en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto F'C 280kg/cm2"	0,445	5,00%	280,44	285,11	1,67%	15,00%
		10,00%		286,60	2,20%	
		15,00%		289,03	3,06%	
"Análisis de mucílago de tuna y aditivo superplastificante en las propiedades físico-mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm², Moquegua, 2022"	0,529	0,50%	211,00	196,67	-6,79%	2,00%
	0,534	1,00%		202,67	-3,95%	
	0,544	2,00%		238,67	13,11%	
	0,549	2,50%		196	-7,11%	

Nota. La tabla presenta un resumen de los antecedentes nacionales revisados, los cuales sustentan la selección de los porcentajes de mucílago de penca de tuna empleados en la presente investigación. Los estudios analizados reportan porcentajes óptimos que, en su mayoría, se encuentran entre 2 % y 6 %, aunque en algunos casos se registran valores

superiores. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como las condiciones climáticas de la zona de estudio, las características de las pencas utilizadas, el contenido de agua del mucílago y el método de extracción empleado. En función de estos antecedentes, se seleccionaron porcentajes de 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %, con el propósito de evaluar el comportamiento del concreto ante incrementos progresivos en la dosificación del aditivo natural.

3.6. Operacionalización de variables

Tabla 10

Tabla de operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	**VI: Mucílago de Penca de tuna**	El mucílago de penca de tuna es una sustancia viscosa de origen natural extraída del interior de las hojas de plantas suculentas, (género Opuntia). Este compuesto está formado principalmente por polisacáridos y otros compuestos orgánicos que le confieren propiedades adhesivas, retenedoras de agua y estabilizadoras, lo que lo hace potencialmente útil como aditivo en mezclas de concreto para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.	El mucílago de penca de tuna será empleado como un aditivo en las mezclas de concreto, dosificado en proporciones de 0 % (concreto patrón), 2.5 %, 3.5 %, y 4.5 %. Su incorporación será medida con precisión mediante una balanza, y las mezclas resultantes serán evaluadas mediante ensayos de laboratorio para determinar su influencia en propiedades como trabajabilidad, peso unitario y resistencia a la compresión.	Porcentaje de dosificación de Mucílago de Penca de Tuna	(0 %) Concreto Patrón	RAZON	Balanza
					2.5 % de Mucílago de Penca de Tuna	RAZON	
					3.5 % de Mucílago de Penca de Tuna	RAZON	
					4.5 % de Mucílago de Penca de Tuna	RAZON	
DEPENDIENTE	**VDP: Esfuerzo de compresión del concreto**	El esfuerzo de compresión del concreto es una medida de la capacidad del material para resistir fuerzas axiales de compresión antes de fallar. Este parámetro es fundamental en la ingeniería civil, ya que determina la resistencia estructural del concreto y su capacidad para soportar cargas en diferentes condiciones de uso, como columnas, vigas y losas. Se mide en unidades de presión, típicamente en megapascales (MPa).	El esfuerzo de compresión del concreto se evaluará mediante ensayos de resistencia a compresión realizados en especímenes cilíndricos de concreto (norma ASTM C39), curados y probados a edades específicas de 7, 14 y 28 días. Se utilizará una prensa hidráulica para aplicar carga axial hasta la falla del espécimen, registrándose la carga máxima alcanzada. Este valor se relacionará con las dosificaciones de mucílago de penca de tuna para analizar su efecto en la resistencia del concreto.	Propiedades físicas	Trabajabilidad (Slump)	RAZON	Ensayos de laboratorio
					Peso unitario	RAZON	
					Contenido de Aire	RAZON	
				Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión	RAZON	
				Costos de Producción	A. C. U.	RAZON	

Nota. La tabla presenta la operacionalización de las variables de estudio. Elaboración propia.

3.7.Técnicas e instrumentos recolección de datos

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), las técnicas de recolección de datos constituyen los procedimientos empleados para obtener la información necesaria en una investigación, mientras que los instrumentos de recolección de datos son las herramientas específicas utilizadas para aplicar dichas técnicas y registrar la información obtenida.

En la presente investigación se emplea la técnica de observación directa, ya que permite registrar de manera objetiva y sistemática los efectos de la incorporación del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto. Esta técnica facilita la evaluación de características físicas como la trabajabilidad (slump) y el contenido de aire en el concreto fresco. Asimismo, permite realizar el seguimiento del proceso de curado de las probetas y analizar el comportamiento del material durante las edades de evaluación establecidas (7, 14 y 28 días).

Como instrumento de recolección de datos se utilizarán fichas de observación, las cuales permitirán registrar de forma ordenada y sistemática la información obtenida durante las etapas de elaboración, curado y evaluación de las mezclas de concreto. Mediante estas fichas se documentarán variables como la trabajabilidad, el contenido de aire, las características visuales de las muestras y otros aspectos relevantes observados durante el desarrollo de los ensayos.

3.8. Confiabilidad y validez

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), la confiabilidad y la validez constituyen criterios fundamentales para garantizar la calidad y rigurosidad de los datos obtenidos en una investigación.

La confiabilidad del presente estudio se asegurará mediante la estandarización de los procedimientos experimentales y el uso de instrumentos debidamente calibrados, tales como balanzas y equipos para ensayos de compresión. Asimismo, las pruebas de laboratorio se realizarán bajo condiciones controladas y utilizando probetas elaboradas conforme a procedimientos uniformes, con el fin de garantizar la consistencia y reproducibilidad de los resultados. Del mismo modo, el empleo de fichas de observación

permitirá registrar la información de manera sistemática y organizada, reduciendo posibles errores durante la recolección de datos.

Por otra parte, la validez se garantizará mediante la correspondencia entre los procedimientos metodológicos y los objetivos de la investigación. La validez interna se fortalecerá a través de un diseño experimental controlado, en el que la única variable manipulada será el porcentaje de mucílago de penca de tuna incorporado al concreto, minimizando así la influencia de factores externos sobre los resultados. En cuanto a la validez externa, esta se sustentará en la aplicación de procedimientos estandarizados y en la descripción detallada de las condiciones experimentales, lo que permitirá que estudios similares puedan contrastar o replicar los resultados obtenidos en contextos comparables.

3.9.Acciones y actividades

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), las acciones y actividades de una investigación corresponden a los procedimientos y tareas específicas que se ejecutan para alcanzar los objetivos planteados. Estas actividades se desarrollan de manera organizada en cada etapa del estudio, permitiendo la recolección de datos, el análisis de la información y la obtención de conclusiones válidas.

En la presente investigación, las acciones y actividades se desarrollarán en cuatro fases principales, las cuales se describen a continuación:

Fase 1: Preparación

- **Revisión bibliográfica:** Recopilación y análisis de información científica relacionada con el uso del mucílago de penca de tuna como aditivo en el concreto, así como de estudios previos que sustenten el desarrollo de la investigación.
- **Selección de materiales:** Adquisición y verificación de los materiales requeridos para la elaboración de las mezclas de concreto, tales como cemento, arena, grava, agua y mucílago de penca de tuna.
- **Diseño de mezclas:** Determinación de las proporciones de concreto con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %) para su evaluación experimental.

Fase 2: Elaboración de las muestras de concreto

- **Preparación de las mezclas:** Elaboración de las diferentes dosificaciones de concreto conforme a las proporciones establecidas en el diseño experimental.
- **Moldeado y curado de probetas:** Colocación de las mezclas en moldes normalizados y aplicación del proceso de curado de acuerdo con los procedimientos técnicos establecidos.

Fase 3: Ensayos y mediciones

- **Evaluación de propiedades físicas:** Realización de ensayos de trabajabilidad (slump), peso unitario y contenido de aire en el concreto fresco.
- **Evaluación de propiedades mecánicas:** Determinación de la resistencia a la compresión mediante ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días de curado utilizando una prensa hidráulica.
- **Registro de observaciones:** Utilización de fichas de observación para documentar las características observadas y cualquier incidencia relevante durante el desarrollo de los ensayos.

Fase 4: Análisis de datos

- **Análisis estadístico:** Procesamiento y análisis de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio mediante herramientas estadísticas que permitan identificar la influencia del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto.
- **Interpretación de resultados:** Comparación de los resultados obtenidos para cada dosificación, con el fin de determinar el efecto del aditivo natural sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

3.10. Procesamiento de datos

Según Hernández (2018), el procesamiento de datos comprende el conjunto de procedimientos destinados a organizar, depurar, transformar y analizar la información obtenida durante el proceso de investigación. Este proceso resulta esencial, ya que permite convertir los datos brutos en información significativa para responder a las preguntas de investigación y contrastar las hipótesis planteadas.

En la presente investigación, el procesamiento de datos se desarrollará en distintas etapas. En primer lugar, la información será recolectada mediante ensayos de laboratorio y

observaciones directas, registrando propiedades físicas del concreto como trabajabilidad, peso unitario, porcentaje de aire y resistencia a la compresión en 7, 14 y 28 días de curado.

Seguidamente, los datos serán organizados en una base estructurada mediante hojas de cálculo, con el fin de agrupar los resultados correspondientes a las diferentes mezclas y dosificaciones de mucílago de penca de tuna.

Posteriormente, se aplicará un análisis estadístico que incluirá medidas de tendencia central, desviación estándar y pruebas ANOVA, con el propósito de determinar si existen diferencias significativas entre las propiedades del concreto con y sin adición de mucílago.

Finalmente, los resultados serán interpretados para establecer el efecto del mucílago de penca de tuna en las características del concreto, así como su relación con los costos de producción. Los hallazgos se presentarán mediante tablas y gráficos que faciliten su comprensión e interpretación.

3.11. Aspectos éticos

Según Hernández y Mendoza (2018), los aspectos éticos en la investigación corresponden al conjunto de principios y normas que orientan la conducta del investigador, con el propósito de asegurar que el estudio se desarrolle de manera responsable, respetuosa e íntegra. La aplicación de estos principios es fundamental para proteger los derechos de los participantes, garantizar su bienestar y, al mismo tiempo, fortalecer la validez, confiabilidad y transparencia de los resultados obtenidos.

En el marco de la presente investigación, se garantizará el cumplimiento de los principios éticos en todas las etapas del estudio, desde la recolección de datos hasta la difusión de los resultados. Se respetará estrictamente la confidencialidad de la información recopilada durante el trabajo experimental, la cual será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación.

Asimismo, todos los procedimientos experimentales y de laboratorio se ejecutarán conforme a las normas éticas y de seguridad vigentes en la investigación científica. De

igual manera, se reconocerán adecuadamente las fuentes bibliográficas y contribuciones externas, asegurando el respeto por la autoría intelectual y el rigor académico del estudio.

3.12. Procedimiento

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Tacna, región Tacna, Perú. Las actividades experimentales incluyeron la preparación y dosificación de las mezclas de concreto, así como el moldeado y la elaboración de probetas (briquetas) destinadas a los ensayos correspondientes.

Los ensayos físicos se realizaron en el Laboratorio *Ingeservicios*, ubicado en la Av. Collpa, lote 08, el cual permitió el desarrollo de las pruebas en condiciones controladas. Esto aseguró el adecuado registro de los datos y la trazabilidad de los resultados obtenidos durante el proceso experimental.

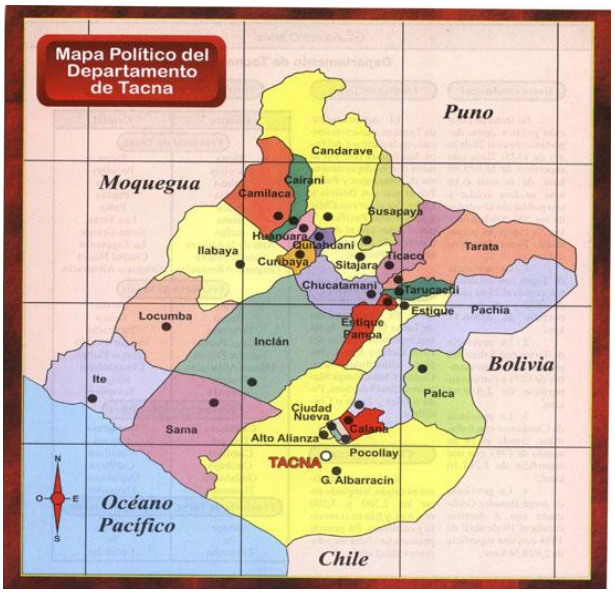
Figura 9

Mapa del Perú

Nota. El mapa muestra la ubicación geográfica de la región de Tacna en el Perú, área donde se desarrolló la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

Mapa de ubicación política - Tacna



Nota. Se muestra la ubicación en el Mapa de la Región de Tacna.

Figura 11

Ubicación política del laboratorio

Nota. En la figura se presenta la ubicación del laboratorio Ingeservicios en el mapa de la zona de estudio.

Teniendo como limites:

- Norte: Distrito de Tacna
- Sur: Distrito de Pocollay y zonas de expansión agrícola
- Este: Distrito de Calana
- Oeste: Distrito de Ciudad Nueva

Ubicación

Tacna se localiza en el extremo sur-occidental del Perú, en el departamento homónimo, aproximadamente entre las coordenadas 16°58′ y 18°20′ de latitud sur, y 69°28′ y 71°02′ de longitud oeste. Limita por el norte con Moquegua y Puno, por el este con la República de Bolivia, por el sur con la República de Chile y por el oeste con el océano Pacífico.

Desde el punto de vista fisiográfico, el territorio tacneño está atravesado por la Cordillera Occidental, lo que origina una configuración diferenciada del relieve, con una franja costera predominantemente arenosa y con presencia de valles, así como una zona altoandina caracterizada por cerros y formaciones volcánicas inactivas. Estas condiciones geográficas influyen directamente en la disponibilidad y características de los materiales pétreos empleados en la producción de concreto.

La ciudad de Tacna se ubica a una altitud aproximada de 562 m s. n. m., dentro de la ecorregión denominada yunga costera. En su entorno urbano destacan elementos del relieve como los cerros Intiorko, Arunta y Chastudal, los cuales constituyen referencias geográficas relevantes para la caracterización del área de estudio y su contexto ambiental.

Clima

El clima de la ciudad de Tacna se caracteriza por ser árido y de naturaleza desértica, especialmente en la franja costera. La precipitación anual es escasa y presenta una distribución irregular, concentrándose en periodos específicos del año. Diversos registros climáticos indican valores que, en promedio regional, son inferiores a 100 mm/año, mientras que algunas referencias locales reportan cifras cercanas a 200 mm/año, lo que evidencia un régimen pluviométrico limitado y altamente variable.

En cuanto a la temperatura, la media anual se aproxima a 17,5 °C. Durante el invierno (julio–agosto) se registran descensos más notorios, asociados a la presencia de neblinas

costeras conocidas como camanchacas, mientras que en el verano (enero–febrero) se presentan temperaturas moderadamente más elevadas.

Recolección de aditivos

La recolección de las pencas de tuna, destinadas a la obtención de mucílago, se efectuó en un terreno ubicado en las inmediaciones del óvalo Tarapacá, zona donde se observa la presencia de cultivos de *Opuntia ficus-indica*, lo que garantizó la disponibilidad del material vegetal requerido para el estudio. El punto de muestreo se localiza aproximadamente en las coordenadas 18°02′28.30″ S y 70°16′35.47″ O, lo que permite su identificación geográfica y asegura la trazabilidad del origen de la materia prima empleada en la investigación.

Figura 12

Ubicación política del laboratorio

Nota. En la figura se presenta la ubicación geográfica del área de recolección de las pencas de tuna.

Figura 13

Visita al lugar de recolección de pencas de tuna

Nota. En la figura se presenta la visita realizada al lugar de recolección de pencas de tuna. Para la obtención del mucílago de penca de tuna, se aplicó un proceso de cocción controlada mediante cocina a gas, utilizando una olla de aluminio en condición destapada, con el objetivo de mantener un calentamiento uniforme y favorecer la liberación progresiva de compuestos mucilaginosos. Durante el proceso, se efectuó una remoción manual cada 3 minutos, con la finalidad de homogeneizar el contenido, evitar la adherencia del material al recipiente y asegurar una extracción constante del mucílago.

Las pencas empleadas presentaron dimensiones promedio de 50 × 22 cm y un peso unitario de 2,205 kg, valores que fueron registrados como parte del control de la materia prima, garantizando la repetibilidad del procedimiento y la trazabilidad en la elaboración del aditivo natural.

Figura 14

Dimensiones de penca de tuna

Nota. En la figura se presentan las dimensiones de la penca de tuna antes de su corte. Previo a la extracción, las pencas de tuna fueron cortadas en trozos de aproximadamente 2 × 2 cm y, posteriormente, partidas por la mitad, con el fin de incrementar el área superficial de contacto y facilitar la liberación del mucílago durante la cocción, mejorando la eficiencia del proceso y la uniformidad del material obtenido.

Figura 15

Primeros cortes longitudinales a la penca de tuna

Nota. Se muestran los cortes longitudinales de la penca de tuna, troceada en cubos de aproximadamente 2 × 2 cm, con el propósito de aumentar el área superficial del material vegetal y favorecer una extracción más eficiente y homogénea del mucílago durante la cocción.

Figura 16

Segundo corte de penca de tuna

Nota. En la figura se presenta la penca de tuna cortada en cubos de 2 × 2 cm.

Figura 17

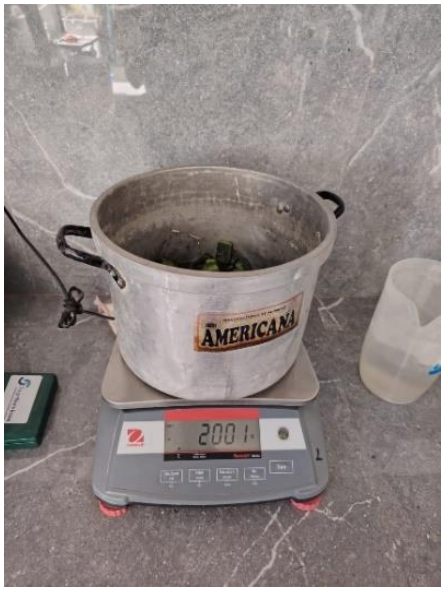
Dimensiones de la penca de tuna cortada en cubos

Nota. Se muestra las dimensiones de los cubos de penca de tuna de 2x2 cm.

Se muestra el pesaje de la penca de tuna posterior al troceado, registro efectuado para controlar la masa real de materia prima empleada en la extracción y asegurar la trazabilidad y repetibilidad del proceso de obtención del mucílago.

Figura 18

Peso de la penca de tuna



Nota. Se muestra el peso de la penca de tuna después de ser cortada.

La extracción del mucílago se realizó mediante cocción de la penca de tuna troceada empleando una proporción agua/penca de tuna de 1:1, iniciando el proceso a una temperatura inicial de 95 °C. La cocción se mantuvo durante un tiempo total de 25 minutos, controlando que la temperatura del sistema permanezca prácticamente constante en el rango de 98.5 a 98.7 °C, con el fin de garantizar condiciones térmicas estables para la liberación del mucílago y reducir la variabilidad del producto obtenido.

Figura 19

Cocción de penca de tuna

Nota. Se muestra la cocción de la penca de tuna para la obtención de mucílago.

Durante los primeros minutos de cocción se observó la formación abundante de espuma, fenómeno característico asociado a la liberación de compuestos orgánicos y mucilaginosos de la penca de tuna en el medio acuoso; este comportamiento fue registrado como evidencia del inicio del proceso de extracción y como control cualitativo de la dinámica de cocción.

Figura 20

Presencia de espuma durante la cocción de penca de tuna

Nota. Se muestra la aparición de espuma superficial en la etapa de hervido de la penca de tuna.

A medida que avanzó el proceso de cocción, se evidenció un cambio de color en los trozos de penca de tuna hacia tonalidades marrones, indicador visual asociado a la degradación térmica progresiva del tejido vegetal y a la liberación de componentes solubles al medio, el cual fue considerado como un control cualitativo complementario del estado de extracción del mucílago.

Figura 21

Color de la penca de tuna durante la cocción

Nota. Se muestra el color de los trozos de penca de tuna durante la cocción.

Durante la cocción se observó una reducción significativa del volumen de agua, estimada visualmente en casi la mitad, atribuible principalmente a la evaporación bajo el régimen térmico aplicado.

Figura 22

Reducción del volumen de agua durante la cocción de la penca de tuna

Nota. Se muestra la disminución del nivel del agua durante la cocción de la penca de tuna.

Se identificó la presencia de viscosidad en el medio de extracción incluso antes de alcanzar la cocción plena, la cual se incrementó progresivamente y se intensificó hacia el final del proceso. Este comportamiento es consistente con la liberación y concentración gradual de compuestos mucilaginosos, por lo que se registró como un indicador cualitativo del desarrollo y culminación de la extracción del mucílago.

Figura 23

Presencia de mucílago de penca de tuna

Nota. Se muestra la aparición de mucílago de penca de tuna durante la etapa de cocción de la penca de tuna.

Finalizada la cocción, el mucílago obtenido fue sometido a un proceso de doble filtración en caliente con el objetivo de separar fases y garantizar la uniformidad del aditivo. En una primera etapa, se filtró la mezcla que contenía los restos de penca de tuna, reteniendo el material sólido; durante este procedimiento se aplicó presión manual sobre una tela de algodón para facilitar la extracción del mucílago contenido en los residuos vegetales.

Posteriormente, se realizó un segundo filtrado del líquido obtenido, con la finalidad de eliminar partículas finas remanentes. En ambas etapas se empleó tela de algodón como medio filtrante, debido a su capacidad de retención y estabilidad térmica, lo que permitió obtener un mucílago más limpio y adecuado para su dosificación en las mezclas de concreto.

Figura 24

Primer filtrado

Nota. Se muestra el primer filtro de los trozos de penca de tuna después de la cocción.

Se muestra el segundo filtrado del mucílago de penca de tuna posterior a la cocción, etapa realizada en caliente con tela de algodón, con la finalidad de remover partículas finas remanentes y obtener un líquido mucilaginoso más uniforme y libre de sólidos, apto para su posterior dosificación en el concreto.

Figura 25

Segundo filtrado

Nota. Se muestra el segundo filtro del mucílago de penca de tuna después de la cocción. El mucílago obtenido presentó un olor característico y normal a penca, sin presencia de notas atípicas que sugieran degradación o fermentación.

Asimismo, se determinó una densidad de 1,01 g/cc, valor registrado como parámetro de control para la caracterización y dosificación del mucílago en las mezclas de concreto, contribuyendo a la repetibilidad del procedimiento experimental.

Figura 26

Ensayo para determinar la densidad del mucílago de penca de tuna

Nota. Se muestra el ensayo para determinar la densidad del mucílago de penca de tuna (1,01 g/cc).

Recolección de agregados de cantera Arunta Velásquez aditivos

La recolección y el muestreo de agregados para la elaboración de las mezclas se realizaron en la Cantera Arunta Velásquez, ubicada en las coordenadas 18°02′29.76″ S – 70°13′45.36″ O. El traslado al punto de extracción se efectuó mediante la unidad vehicular del laboratorio, garantizando el transporte del personal, equipos y materiales de muestreo.

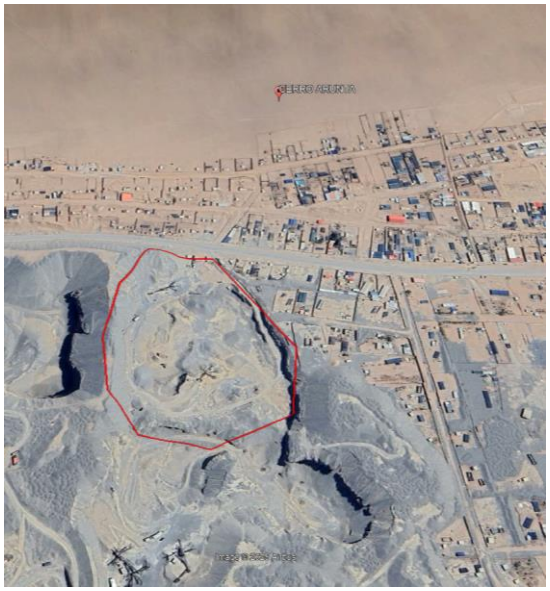
En la cantera se accedió al área de acopio, donde se identificaron los montículos disponibles de agregado fino y agregado grueso. Con la autorización del responsable del ingreso, se procedió a la extracción del material, el cual fue almacenado de inmediato en sacos para preservar sus condiciones hasta su análisis. El muestreo se realizó mediante la toma de submuestras en puntos aleatorios distribuidos a lo largo de cada montículo, con el fin de obtener muestras representativas y reducir posibles sesgos por segregación o variaciones locales de granulometría.

Finalmente, los agregados ensacados fueron trasladados al laboratorio, donde se emplearon en los ensayos de caracterización y control requeridos para el diseño de mezcla

(granulometría y propiedades físicas, entre otros), así como en los vaciados experimentales correspondientes a las dosificaciones evaluadas en la investigación.

Figura 27

Ubicación satelital de la cantera Arunta Velásquez



Nota. Se muestra la localización de la cantera mediante imagen satelital.

Se muestra el ingreso a la Cantera Arunta Velásquez, punto de acceso utilizado para la obtención y muestreo de agregados fino y grueso, asegurando la trazabilidad del origen de los materiales empleados en el diseño de mezcla y en los ensayos experimentales del concreto.

Figura 28

Puerta de ingreso de la cantera Arunta Velásquez

Nota. En la figura se presenta la vista general de la Cantera Arunta Velásquez, incluyendo las áreas de operación y acopio de materiales destinadas a la recolección y muestreo de agregados para la investigación.

Figura 29

Vista general de la cantera Arunta Velásquez

Nota. Se muestra la vista general de la cantera.

Se muestra el acopio manual de agregado fino en la zona de cantera, actividad realizada durante la recolección y muestreo del material, asegurando su almacenamiento inmediato en sacos para su conservación y posterior traslado al laboratorio.

Figura 30

Muestreo de agregado fino

Nota. Se muestra el acopio manual de agregado fino en zona de cantera.

Se muestra el acopio manual de agregado grueso en la zona de cantera, realizado mediante extracción directa desde el montículo de acopio y ensacado inmediato, con el fin de conservar las condiciones del material para su transporte y posterior caracterización en laboratorio.

Figura 31

Muestreo de agregado grueso

Nota. Se muestra el acopio manual de agregado grueso en zona de cantera.

Ensayos de laboratorio

Como parte del procedimiento experimental, tras el muestreo de agregados en la Cantera Arunta Velásquez, el material recolectado fue transportado al laboratorio Ingeservicios, asegurando condiciones adecuadas de manipulación y conservación para no alterar sus propiedades físicas. Posteriormente, se realizaron los ensayos de caracterización necesarios para el diseño de la mezcla de concreto con resistencia f'c = 210 kg/cm².

Entre estos ensayos, se ejecutó el análisis granulométrico del agregado fino y del agregado grueso, conforme a lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.012. Este procedimiento permitió determinar la distribución porcentual de los tamaños de partículas mediante el tamizado en seco, evaluando la gradación de los agregados y verificando su cumplimiento con los límites normativos requeridos para su uso en concreto estructural.

Figura 32

Lavado de material

Nota. Se muestra el lavado del material para realizar el ensayo de granulometría.

Se aprecia en la figura el lavado de los agregados fino y grueso, procedimiento previo al ensayo de granulometría, realizado con el objetivo de eliminar partículas de polvo, finos adheridos y materiales extraños que pudieran influir en la correcta determinación de la distribución granulométrica, garantizando la precisión y confiabilidad de los resultados conforme a la NTP 400,012.

Figura 33

Tamizado de material

Nota. Se muestra el tamizado del material para la granulometría.

Se aprecia en la figura el tamizado del material correspondiente a los agregados fino y grueso, procedimiento realizado durante el ensayo de granulometría con la finalidad de determinar la distribución de los tamaños de partículas mediante el uso de la serie de tamices normalizados, asegurando la correcta clasificación granulométrica del material conforme a lo establecido en la NTP 400.012.

Contenido de humedad (agregado fino y grueso) (NTP. 339.185)

El ensayo de contenido de humedad del agregado fino y del agregado grueso se realizó conforme a lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 339.185, con la finalidad de determinar el porcentaje de humedad presente en los agregados al momento del diseño y preparación de la mezcla de concreto, información indispensable para la correcta corrección del agua de mezclado y para asegurar la dosificación adecuada del concreto f'c = 210 kg/cm².

Figura 34

Tamizado del material

Nota. Se muestra el tamizado del material para la granulometría.

Gravedad especifica y absorción (agregado fino) (NTP. 400.022)

El ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino se llevó a cabo de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 400.022, con el propósito de determinar la densidad relativa del material y su capacidad de absorción de agua, parámetros fundamentales para el diseño de la mezcla de concreto, ya que influyen directamente en la proporción de los materiales, la demanda de agua y el desempeño mecánico del concreto f'c = 210 kg/cm².

Figura 35

Secado del material fino

Nota. Se muestra el tamizado del material para la granulometría.

Se aprecia en la figura el secado del agregado fino, procedimiento previo a la realización del ensayo de gravedad específica y absorción, llevado a cabo con la finalidad de eliminar la humedad superficial del material y garantizar condiciones controladas que permitan obtener resultados precisos y confiables conforme a la NTP 400.022.

Figura 36

Ensayo de gravedad especifica de agregado grueso

Nota. Se muestra el tamizado del material para la granulometría.

El ensayo de peso unitario suelto y varillado del agregado fino y del agregado grueso se realizó de conformidad con la Norma Técnica Peruana NTP 400.017, con el objetivo de determinar la masa por unidad de volumen de los agregados en condición suelta y compactada, parámetros necesarios para el cálculo volumétrico de los materiales y la correcta dosificación en el diseño de la mezcla de concreto f'c = 210 kg/cm².

Figura 37

Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino

Nota. Se muestra el tamizado del material para la granulometría.

Figura 38

Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso

Nota. Se muestra el tamizado del material para la granulometría.

A continuación, se muestra los datos obtenidos en los ensayos realizados:

Agregado grueso:

Análisis de granulometría:

Tabla 11

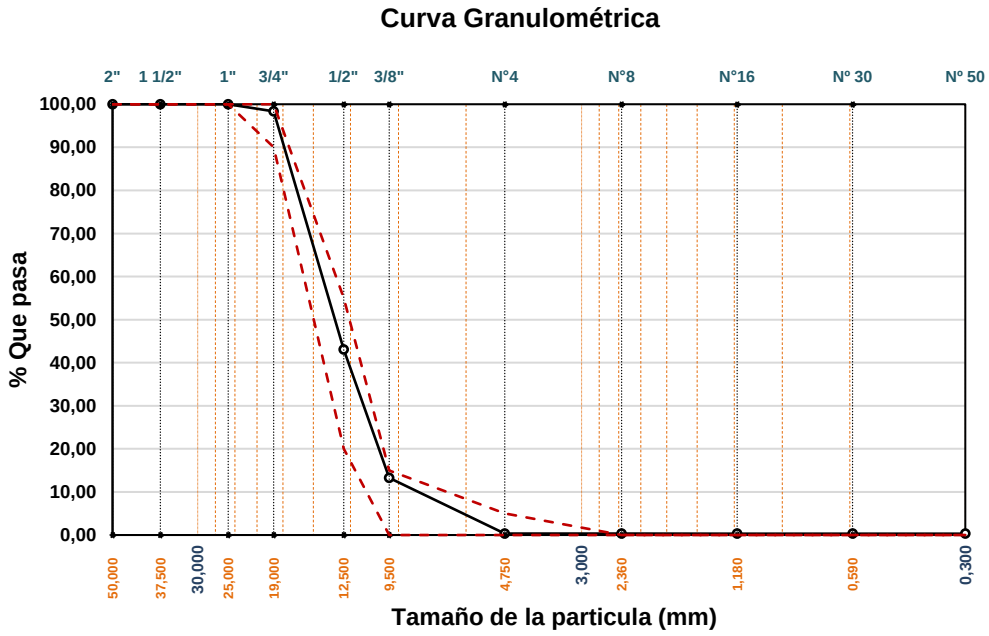
Análisis de granulometría

Tamices ASTM	Abertura mm	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Gradación 6
2"	50.000	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00	-
1"	25.000	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.000	1.63	1.63	98.37	90 - 100
1/2"	12.500	55.31	56.94	43.06	-
3/8"	9.500	29.78	86.72	13.28	20 - 55
N°4	4.750	12.96	99.68	0.32	0 - 10
N°8	2.360	0.01	99.69	0.31	0 - 5
N°16	1.180	0.00	99.69	0.31	-
Nº 30	0.590	0.00	99.69	0.31	-
Nº 50	0.300	0.00	99.69	0.31	-

Nota. En la tabla se presenta el análisis granulométrico de los agregados evaluados.

Figura 39

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. En la figura se presenta el análisis granulométrico de los agregados evaluados.

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 12

Ensayo de contenido de humedad agregado grueso

Agregado Grueso			
CARACTERISTICAS	**MUESTRA**		
	CHG-1	**CHG-2**	**CHG-3**
W. Tara (g)	287.15	272.76	277.96
W. Tara + Muestra Húmeda (g)	4711.80	4726.00	4651.00
W. Tara + Muestra Seca (g)	4698.80	4714.10	4638.30
W. Muestra Húmeda (g)	4424.65	4453.24	4373.04
W. Muestra Seca (g)	4411.65	4441.34	4360.34
W. Agua (g)	13.00	11.90	12.70
Contenido de Humedad (%)	0.295	0.268	0.291
Contenido de Humedad (%)		0.285	

Nota. En la tabla se presenta el contenido de humedad de los agregados evaluados.

Ensayo de peso unitario suelto - compactado

Tabla 13

Ensayo de peso unitario suelto agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO			
ITEM	**MUESTRAS**		
	PUS-1	**PUS-2**	**PUS-3**
W. Suelo + Molde (g)	19281	19130	19234
W. Suelo (g)	10622	10471	10575
Peso Unitario (g/cc)	1.322	1.304	1.317
Peso Unitario (Prom.) (g/cc)		**1.314**	

Nota. En la tabla se presentan los resultados del peso unitario suelto de los agregados evaluados.

Tabla 14

Ensayo de peso unitario suelto agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO			
ITEM	**MUESTRAS**		
	PUC-1	**PUC-2**	**PUC-3**
W. Suelo + Molde (g)	20488	20680	20675
W. Suelo (g)	11829	12021	12016
Peso Unitario (g/cc)	1.473	1.497	1.496
Peso Unitario (Prom.) (g/cc)		**1.488**	

Nota. La tabla muestra los resultados del peso unitario compactado.

Ensayo de gravedad especifica y absorción

Tabla 15

Ensayo de gravedad especifica agregado grueso

PESO ESPECÍFICO (PIEDRA)			
ITEM	**MUESTRA**		
	PE-1	**PE-2**	**PE-3**
W. Tara (g)	198.300	194.170	202.200
W. Tara + Muestra SSS (g)	1702.780	1784.640	1754.290
W. Tara + Muestra seca (g)	1687.860	1768.300	1739.000
Muestra sumergida (g)	936.500	994.040	973.920
W. Muestra Seca (g)	1489.560	1574.130	1536.800
W. Muestra SSS (g)	1504.480	1590.470	1552.090
W. Muestra SSS sumergida (g)	936.500	994.040	973.920
Volumen de la muestra SSS (cc)	567.980	596.430	578.170
Volumen de la muestra (cc)	553.060	580.090	562.880
Absorción (%)	1.002	1.038	0.995
Peso específico de la masa (Pem) (g/cc)	2.623	2.639	2.658
Peso específico masa saturada con superficie seca (Pesss) (g/cc)	2.649	2.667	2.684
Peso específico aparente (Pea) (g/cc)	2.693	2.714	2.730
Absorción (%)		**1.012**	
Peso específico de la masa (Pem) (g/cc)		**2.640**	
Peso específico masa saturada con superficie seca (PeSSS) (g/cc)		**2.667**	
Peso específico aparente (Pea) (g/cc)		**2.712**	

Nota. En la tabla se presentan los resultados del ensayo de gravedad específica del agregado grueso.

Agregado fino:

Análisis de granulometría:

Tabla 16

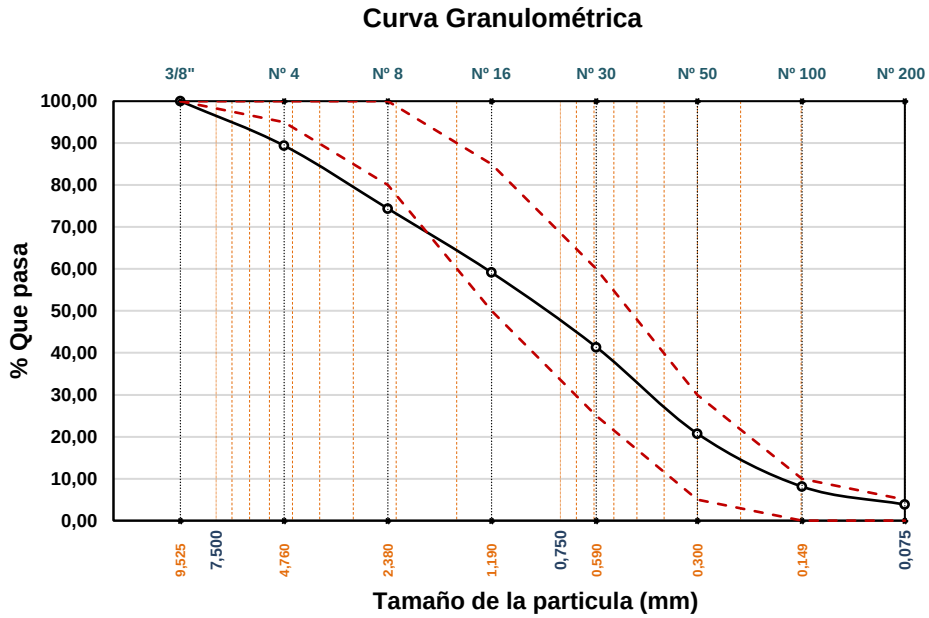
Análisis de granulometría agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Gradación: NTP 400.037
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	100
Nº 4	4.760	10.61	10.61	89.39	95 - 100
Nº 8	2.380	15.00	25.60	74.40	80 - 100
Nº 16	1.190	15.24	40.84	59.16	50 - 85
Nº 30	0.590	17.80	58.65	41.35	25 - 60
Nº 50	0.300	20.62	79.27	20.73	5 - 30
Nº 100	0.149	12.63	91.89	8.11	0 - 10
Nº 200	0.075	4.26	96.15	3.85	0 - 5

Nota. En la tabla se presentan los resultados del análisis granulométrico del agregado fino evaluado.

Figura 40

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. En la figura se presenta la curva granulométrica del agregado fino obtenida a partir del ensayo de tamizado.

Ensayo de contenido de humedad

Tabla 17

Ensayo de contenido de humedad agregado fino

Agregado Fino			
CARACTERISTICAS	**MUESTRA**		
	CHF-1	**CHF-2**	**CHF-3**
W. Tara (g)	233.32	225.48	229.04
W. Tara + Muestra Húmeda (g)	2501.40	2175.40	2571.30
W. Tara + Muestra Seca (g)	2463.34	2141.72	2531.35
W. Muestra Húmeda (g)	2268.08	1949.92	2342.26
W. Muestra Seca (g)	2230.02	1916.24	2302.31
W. Agua (g)	38.06	33.68	39.95
Contenido de Humedad (%)	1.707	1.758	1.735
Contenido de Humedad (%)		1.733	

Nota. La tabla muestra los resultados del contenido de humedad.

Ensayo de peso unitario suelto - compactado

Tabla 18

Ensayo de peso unitario suelto agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO			
ITEM	**MUESTRAS**		
	PUS-1	**PUS-2**	**PUS-3**
W. Suelo + Molde (g)	6567	6606	6611
W. Suelo (g)	4811	4850	4855
Peso Unitario (g/cc)	1.710	1.724	1.725
Peso Unitario (Prom.) (g/cc)		**1.719**	

Nota. La tabla muestra los resultados del peso unitario suelto.

Tabla 19

Ensayo de peso unitario suelto agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO			
ITEM	**MUESTRAS**		
	PUC-1	**PUC-2**	**PUC-3**
W. Suelo + Molde (g)	6909	6930	6934
W. Suelo (g)	5153	5174	5178
Peso Unitario (g/cc)	1.831	1.839	1.840
Peso Unitario (Prom.) (g/cc)		**1.837**	

Nota. La tabla muestra los resultados del peso unitario compactado.

Ensayo de gravedad especifica y absorción

Tabla 20

Ensayo de gravedad especifica agregado fino

GRAVEDAD ESPECIFICA			
ITEM	**MUESTRAS**		
	GEF-1	**GEF-2**	**GEF-3**
Volumen de recipiente (cc)	500	500	500
W. Tara (g)	77.86	77.29	85.24
W. Tara + Muestra SSS (g)	585.01	585.26	588.02
W. Tara + Muestra seca (g)	579.93	580.12	583.25
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	971.10	974.61	971.71
W. Fiola + Agua (g)	655.15	657.46	657.83
W. Muestra SSS (g)	507.15	507.97	502.78
W. Muestra Seca (g)	502.07	502.83	498.01
Absorción (%)	1.012	1.022	0.958
Peso específico aparente (g/cc)	2.626	2.635	2.636
Peso específico SSS (g/cc)	2.652	2.662	2.662
Peso específico nominal (g/cc)	2.698	2.708	2.705
Absorción (Prom.) (%)		**0.997**	
Peso esp. aparente (g/cc)		**2.632**	
Peso específico SSS (g/cc)		**2.659**	
Peso específico nominal (g/cc)		**2.703**	

Nota. La tabla muestra los resultados del ensayo de gravedad específica del agregado fino.

Desarrollo de vaciado de muestras

Como primer paso antes de realizar el vaciado de concreto, se habilitó todos los materiales necesarios, como agregado fino, grueso, agua y cemento.

El primer lote de vaciados que se realizaron fue con adición de mucílago de penca de tuna:

- Muestra patrón.
- Muestra patrón +2.5 % de mucílago de penca de tuna (MPT).
- Muestra patrón +3.5 % de mucílago de penca de tuna (MPT).
- Muestra patrón +4.5 % de mucílago de penca de tuna (MPT).

Figura 41

Habilitación de agregados para su uso en el vaciado

Nota. La figura muestra el proceso de habilitación de los agregados previo a su utilización en el vaciado de las mezclas de concreto.

Figura 42

Materiales y equipos preparados para el proceso de vaciado

Nota. La figura muestra los materiales y equipos acondicionados para la ejecución del proceso de vaciado del concreto.

Figura 43

Colocación de los agregados en el trompo durante la preparación de la mezcla

Nota. La figura muestra la incorporación de los agregados en el trompo mezclador durante la preparación de la mezcla de concreto.

Figura 44

Proceso de mezclado de los materiales en el trompo

Nota. La figura muestra el proceso de mezclado de los materiales en el trompo mezclador durante la preparación de la mezcla de concreto.

Una vez concluido el proceso de mezclado del concreto en el trompo, se procedió a la ejecución de los ensayos del concreto en estado fresco, los cuales incluyeron la determinación de la consistencia mediante el ensayo de revenimiento (slump), el contenido de aire y el peso unitario, así como la elaboración y moldeo de las briquetas correspondientes, con la finalidad de evaluar el comportamiento del concreto y preparar las muestras destinadas a los ensayos de resistencia a la compresión.

Figura 45

Ensayo de consistencia (Slump)

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) realizado a la muestra patrón de concreto.

Figura 46

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) realizado a la muestra patrón de concreto con asentamiento de 4 pulgadas.

Figura 47

Ensayo de contenido de aire

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de contenido de aire, obteniéndose un valor de 1,2 % en la muestra de concreto.

Figura 48

Ensayo de contenido de aire

Nota. La figura muestra la lectura del contenido de aire en la muestra de concreto, con un valor de 1,2 %.

Figura 49.

Ensayo de peso unitario del concreto

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de peso unitario del concreto fresco.

Figura 50

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 2.5 % MPT

Nota. En la figura se muestran el ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con adición de 2,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT) (4”) y la ejecución del ensayo de peso unitario del concreto fresco.

Figura 51

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 3.5 % MPT

Nota. La figura muestra el ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con adición de 3,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), con un asentamiento de 6 pulgadas.

Figura 52

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 3.5 % MPT

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con adición de 3,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), con un asentamiento de 6,5 pulgadas.

Figura 53

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con adición de 4,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), con un asentamiento de 8 pulgadas.

Figura 54

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con adición de 4,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), obteniéndose un asentamiento de 8 pulgadas.

Reducción de agua

El segundo lote de vaciados se ejecutó incorporando mucílago de penca de tuna en la mezcla de concreto, realizando simultáneamente una reducción controlada del contenido de agua de mezclado con el propósito de mantener una consistencia equivalente a la del concreto patrón; de acuerdo con el diseño de mezcla, la muestra patrón presentó un revenimiento (slump) comprendido entre 3 y 4 pulgadas, por lo que se estableció como criterio experimental un slump objetivo de 3.5 pulgadas para todos los vaciados, garantizando así la comparabilidad de los resultados y aislando el efecto del mucílago de penca de tuna sobre las propiedades del concreto.

Figura 55

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con 2,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), aplicando una reducción de agua para mantener el asentamiento del concreto patrón (3,5 pulgadas).

Figura 56

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 3.5 % MPT con reducción de agua

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con 2,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), aplicando una reducción de agua para mantener el asentamiento del concreto patrón (3,5 pulgadas).

Figura 57

Ensayo de consistencia (Slump) de la muestra patrón + 4.5 % MPT con reducción de agua

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de consistencia (slump) de la muestra patrón con 2,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), aplicando una reducción de agua para mantener el asentamiento del concreto patrón (3,5 pulgadas).

Roturas

Luego de la elaboración y moldeo de las briquetas de concreto, estas fueron sometidas a un proceso de curado controlado, con la finalidad de asegurar el desarrollo adecuado de la resistencia del material, para posteriormente realizar los ensayos de rotura a compresión conforme a los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034.

Figura 58

Desencofrado de briquetas

Nota. La figura muestra el desencofrado de las briquetas de concreto preparadas para su proceso de curado.

Figura 59

Curado de briquetas

Nota. La figura muestra el proceso de curado de las briquetas de concreto.

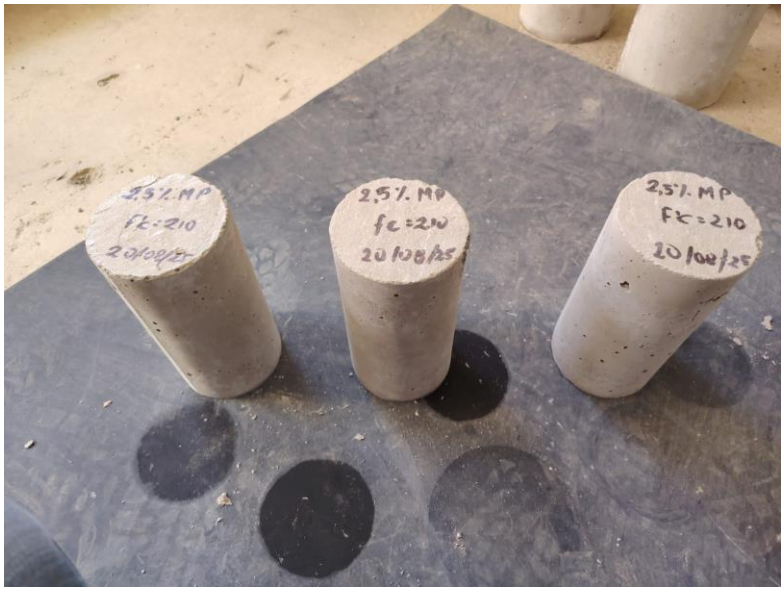
Figura 60

Sacado de briquetas de la poza de curador

Nota. La figura muestra la extracción de las briquetas de la poza de curado para su posterior ensayo en la máquina de compresión.

Figura 61

Briquetas curadas



Nota. La figura muestra las briquetas de concreto retiradas del proceso de curado, preparadas para el ensayo de resistencia a la compresión.

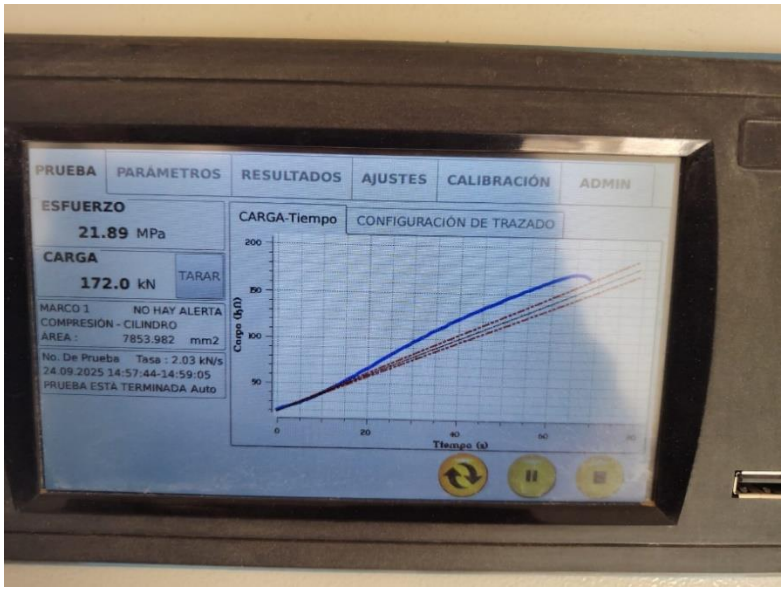
Figura 62

Briqueta dentro de la máquina de compresión

Nota. En la figura se presenta la ubicación del laboratorio Ingeservicios en el mapa de la zona de estudio.

Figura 63

Pantalla de la máquina de compresión



Nota. La figura muestra la lectura en pantalla de la máquina de compresión con los valores registrados durante el ensayo de resistencia a la compresión.

Figura 64

Pantalla de la máquina de compresión

Nota. La figura muestra la lectura en pantalla de la máquina de compresión con los valores registrados durante el ensayo de resistencia a la compresión.

Figura 65

Compresión de briqueta

Nota. La figura muestra la ejecución del ensayo de resistencia a la compresión en la máquina de carga.

Capítulo IV:
Análisis y discusión de resultados

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Para el objetivo específico 01

Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas del concreto en la ciudad de Tacna 2025.

Slump

Tabla 21

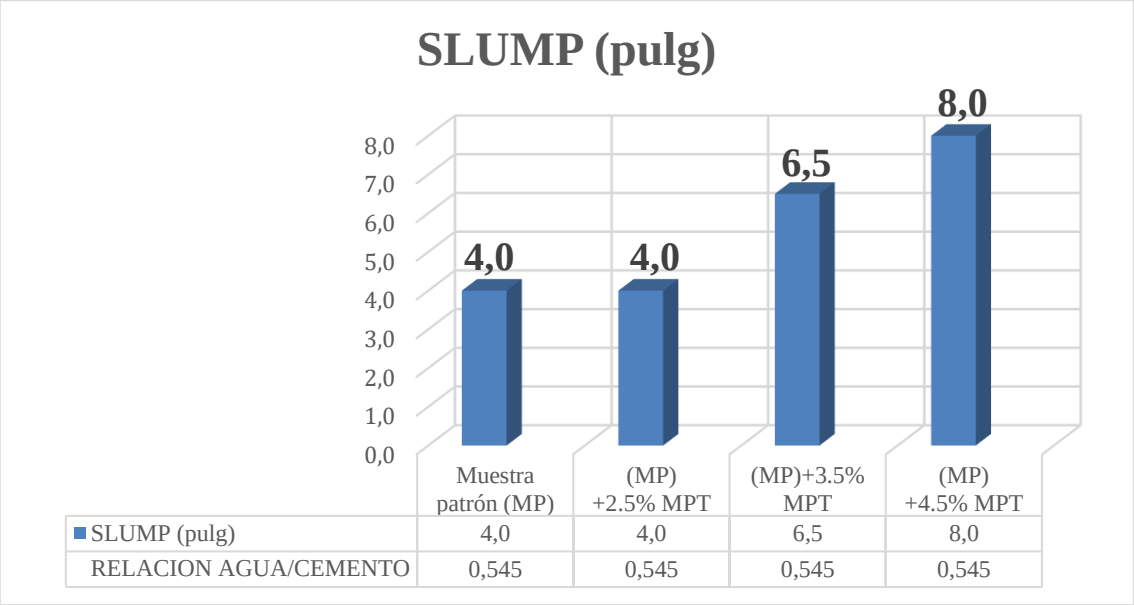
Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna

MUESTRAS	RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)	SLUMP (pulg)
Muestra patrón (MP)	0.545	4
(MP) +2.5 % MPT	0.545	4
(MP)+3.5 % MPT	0.545	6.5
(MP) +4.5 % MPT	0.545	8

Nota. La tabla presenta los resultados del ensayo de consistencia (slump) del concreto con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (MPT).

Figura 66

Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna



Nota. La figura muestra el incremento del slump del concreto en función del porcentaje de mucílago de penca de tuna, en mezclas sin reducción de agua.

Tabla 22

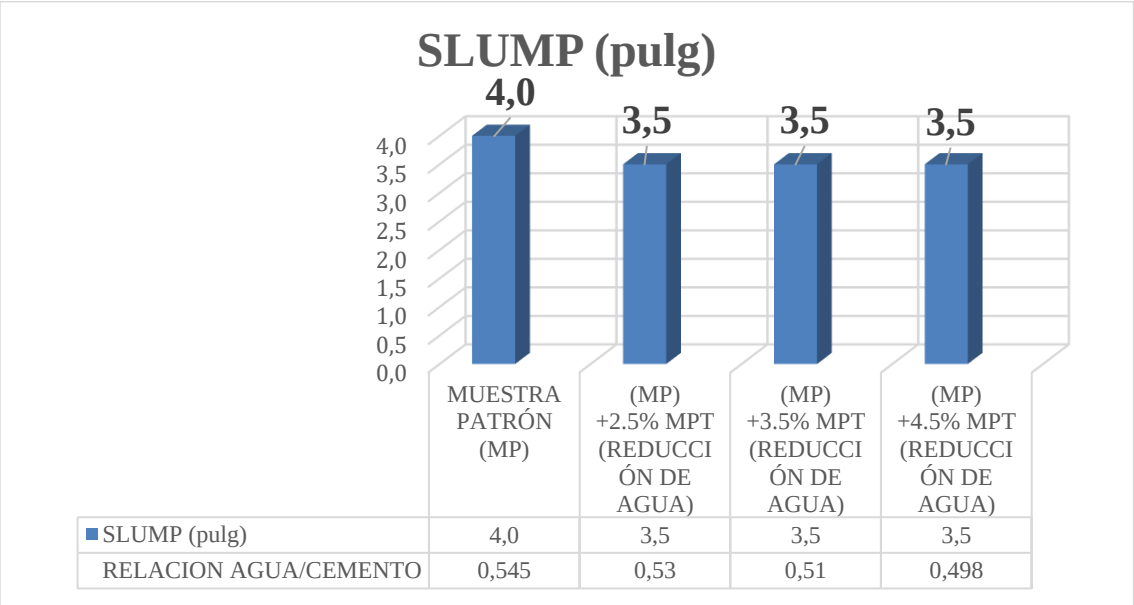
Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna y reducción de agua

MUESTRAS	RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)	SLUMP (pulg)
Muestra patrón (MP)	0.545	4
(MP) +2.5 % MPT (reducción de agua)	0.530	3.5
(MP) +3.5 % MPT (reducción de agua)	0.510	3.5
(MP) +4.5 % MPT (reducción de agua)	0.498	3.5

Nota. En la figura se presentan los resultados del ensayo de consistencia (slump) del concreto con 2,5 %, 3,5 % y 4,5 % de mucílago de penca de tuna, con reducción de agua.

Figura 67

Resultados del ensayo de Slump con adición de mucílago de penca de tuna y reducción de agua



Nota. La figura muestra los valores del ensayo de consistencia (slump) del concreto con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (MPT) bajo condiciones de reducción de agua.

Reducción de Agua

Tabla 23

Resultados del Reducción de Agua

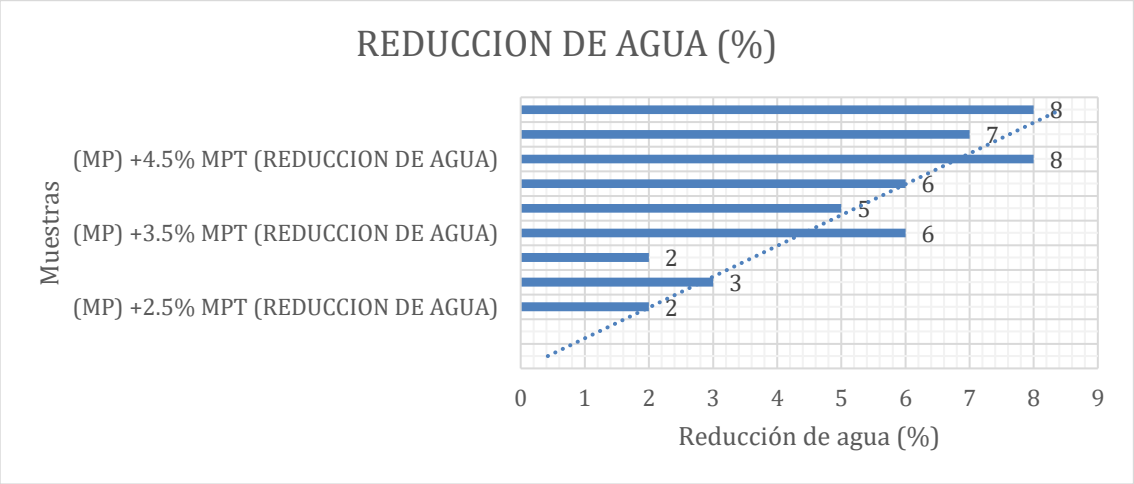
MUESTRAS		REDUCCIÓN DE AGUA (%)
(MP) +2.5 % MPT (Reducción de Agua)	Muestra 1	2
	Muestra 2	3
	Muestra 3	2
(MP) +3.5 % MPT (Reducción de Agua)	Muestra 1	6
	Muestra 2	5
	Muestra 3	6
(MP) +4.5 % MPT (Reducción de Agua)	Muestra 1	8
	Muestra 2	7
	Muestra 3	8

Nota. La tabla presenta los resultados de reducción de agua en mezclas de concreto con incorporación de mucílago de penca de tuna.

En las mezclas con 2.5 % de mucílago de penca de tuna, obteniéndose un valor promedio cercano al 2.3 %, lo que indica un efecto moderado del aditivo. Para la dosificación de 3.5 % de mucílago de penca de tuna, las reducciones alcanzaron un promedio aproximado de 5.7 %, evidenciando un incremento significativo en la capacidad de reducción de agua respecto al 2.5 %. Finalmente, con 4.5 % de mucílago de penca de tuna, se obtuvieron un promedio cercano al 7.7 %, lo que demuestra que, a mayor porcentaje de mucílago de penca de tuna, mayor es la reducción de agua posible sin afectar la trabajabilidad del concreto.

Figura 68

Resultados del Reducción de Agua



Nota. La figura muestra el porcentaje de reducción de agua en el concreto con diferentes dosificaciones de mucílago de penca de tuna.

Se observa que las mezclas con 2.5 % de mucílago de penca de tuna presentan reducciones de agua comprendidas entre 2 % y 3 %, mientras que con 3.5 % de mucílago de penca de tuna los valores se concentran entre 5 % y 6 %, y con 4.5 % de mucílago de penca de tuna alcanzan los valores más altos, entre 7 % y 8 % de reducción de agua. Esta tendencia gráfica evidencia el efecto plastificante del mucílago de penca de tuna, el cual permite reducir de manera significativa el contenido de agua de mezclado, contribuyendo potencialmente a la mejora de las propiedades mecánicas y a la optimización del diseño del concreto.

Contenido de Aire

Tabla 24

Resultados del contenido de aire

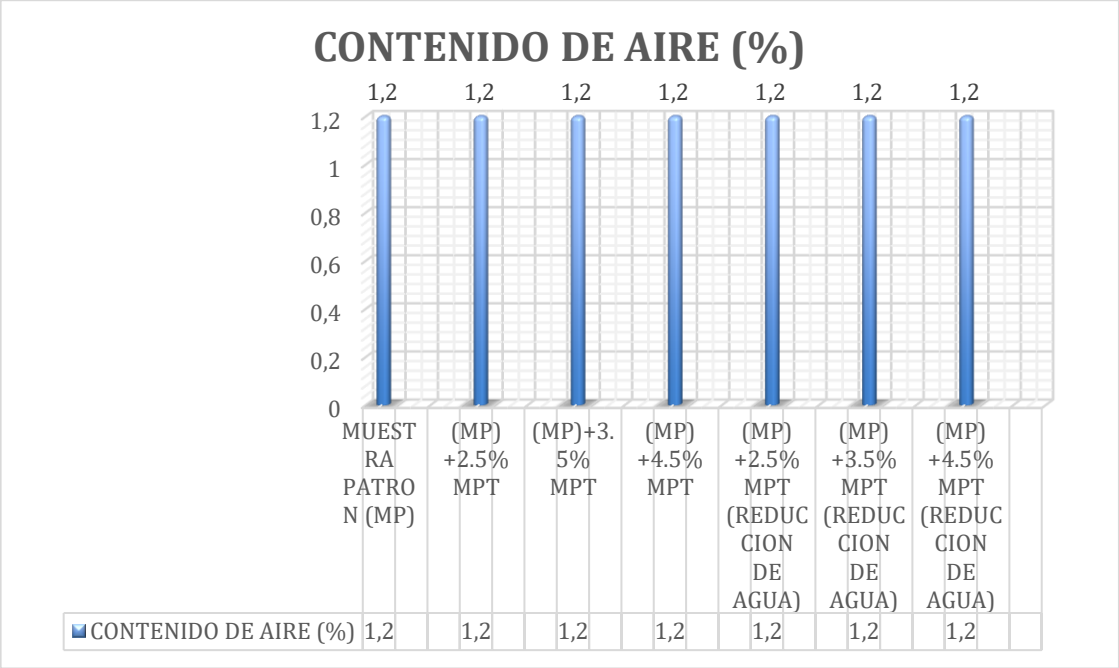
MUESTRAS	CONTENIDO DE AIRE (%)
Muestra Patrón (MP)	1.2
(MP) +2.5 % MPT	1.2
(MP) +3.5 % MPT	1.2
(MP) +4.5 % MPT	1.2
(MP) +2.5 % MPT (Reducción de agua)	1.2
(MP) +3.5 % MPT (Reducción de agua)	1.2
(MP) +4.5 % MPT (Reducción de agua)	1.2

Nota. La tabla presenta los resultados del contenido de aire en el concreto patrón y en mezclas con 2,5 %, 3,5 % y 4,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT), con y sin reducción de agua.

La ausencia de variación en el contenido de aire indica que la incorporación del mucílago de penca de tuna, aun en los mayores porcentajes evaluados, no genera atrapamiento adicional de aire ni modifica la estructura interna del concreto en estado fresco, manteniendo el contenido de aire dentro de un rango estable y controlado.

Figura 69

Resultados del contenido de aire



Nota. La figura muestra los valores del contenido de aire del concreto con diferentes dosificaciones de mucílago de penca de tuna y condiciones de reducción de agua, con un valor constante de 1,2 %.

Esta uniformidad gráfica ratifica que el uso del mucílago de penca de tuna no influye en el contenido de aire del concreto, lo cual resulta favorable desde el punto de vista técnico, ya que descarta efectos negativos asociados a variaciones en la porosidad inducida por aire y permite atribuir los cambios en otras propiedades exclusivamente al efecto del aditivo natural.

Peso Unitario

Tabla 25

Resultados del peso unitario

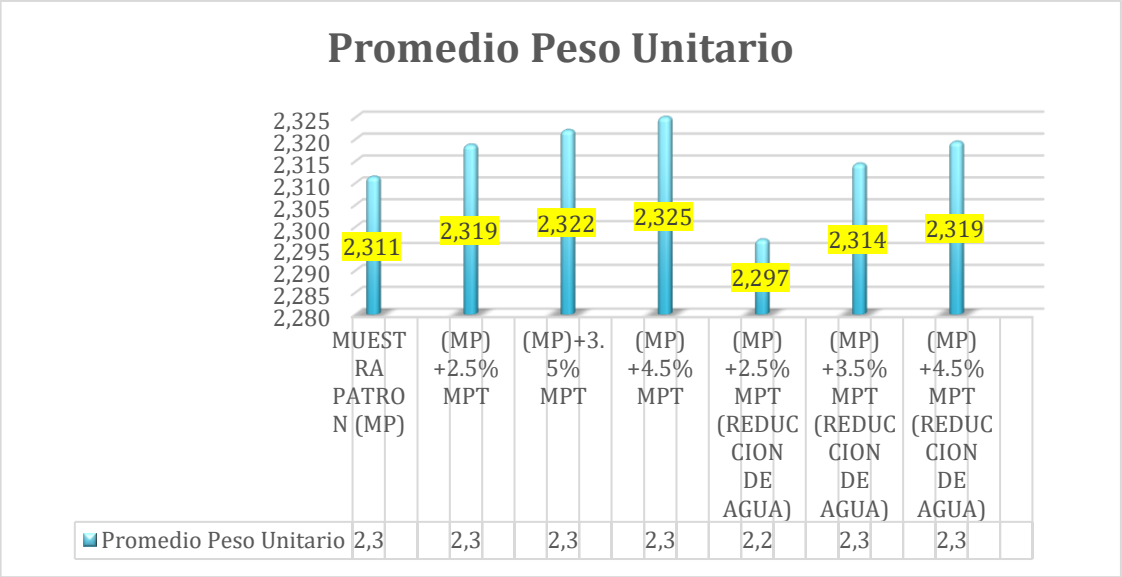
Muestra	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Peso De Muestra De Concreto (gr)	P.U. (gr/cm3)	Promedio
MUESTRA PATRON (MP)	3.412	19.815	16403	2.317	2.311
		19.715	16303	2.303	
		19.795	16383	2.314	
(MP) +2.5 % MPT		19.802	16390	2.315	2.319
		19.856	16444	2.322	
		19.834	16422	2.319	
(MP)+3.5 % MPT		19.831	16419	2.319	2.322
		19.867	16455	2.324	
		19.860	16448	2.323	
(MP) +4.5 % MPT		19.853	16441	2.322	2.325
		19.888	16476	2.327	
		19.881	16469	2.326	
(MP) +2.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA)		19.688	16276	2.299	2.297
		19.662	16250	2.295	
		19.675	16263	2.297	
(MP) +3.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA)		19.797	16385	2.314	2.314
		19.812	16400	2.316	
		19.791	16379	2.313	
(MP) +4.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA)		19.824	16412	2.318	2.319
		19.846	16434	2.321	
		19.831	16419	2.319	

Nota. La tabla presenta los resultados del peso unitario del concreto en estado fresco para la muestra patrón y las mezclas con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna, con y sin reducción de agua.

Al incorporar mucílago de penca de tuna sin reducción de agua, se observa un incremento progresivo del peso unitario, alcanzando valores promedio de 2.319 g/cm³ con 2.5 %, 2.322 g/cm³ con 3.5 % y un valor máximo de 2.325 g/cm³ con 4.5 % de mucílago de penca de tuna, lo que representa un aumento aproximado de 0.014 g/cm³ respecto al concreto patrón. En las mezclas con reducción de agua, el peso unitario disminuye a 2.297 g/cm³ con 2.5 % de mucílago de penca de tuna, mientras que con 3.5 % y 4.5 % se incrementa nuevamente hasta 2.314 g/cm³ y 2.319 g/cm³, respectivamente, evidenciando que la reducción de agua influye directamente en la densidad del concreto fresco.

Figura 70

Resultados del peso unitario



Nota. La figura muestra el promedio del peso unitario del concreto en estado fresco para la muestra patrón y las mezclas con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna, sin reducción de agua.

Asimismo, se aprecia una disminución notable del peso unitario en la mezcla con 2.5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua, alcanzando 2.297 g/cm³, mientras que las mezclas con 3.5 % y 4.5 % de mucílago de penca de tuna con reducción de agua presentan valores intermedios cercanos a 2.314 g/cm³ y 2.319 g/cm³, respectivamente.

4.1.2. Para el objetivo específico 02

Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en la resistencia al esfuerzo de compresión a 7, 14 y 28 días de madurez del concreto en la ciudad de Tacna 2025.

Resistencia a compresión a 07 días

Tabla 26

Resultados resistencia a compresión – 07 días

MUESTRA	RESISTENCIA A LOS 7 DIAS	PROMEDIO 7 DIAS
MUESTRA PATRON (a/c=0.545)	205.7	198.2
	194.8	
	194.2	
MUESTRA PATRON +2.5 % MPT (a/c=0.545)	193.2	192.7
	186.8	
	198.1	
MUESTRA PATRON +3.5 % MPT (a/c=0.545)	192.3	179.4
	161.4	
	184.6	
MUESTRA PATRON +4.5 % MPT (a/c=0.545)	171.5	173.8
	179.0	
	171.0	
MUESTRA PATRON +2.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.530)	200.7	202.8
	200.6	
	207.1	
MUESTRA PATRON +3.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.510)	160.7	161.5
	159.4	
	164.3	
MUESTRA PATRON +4.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.498)	163.6	163.6
	159.7	
	167.6	

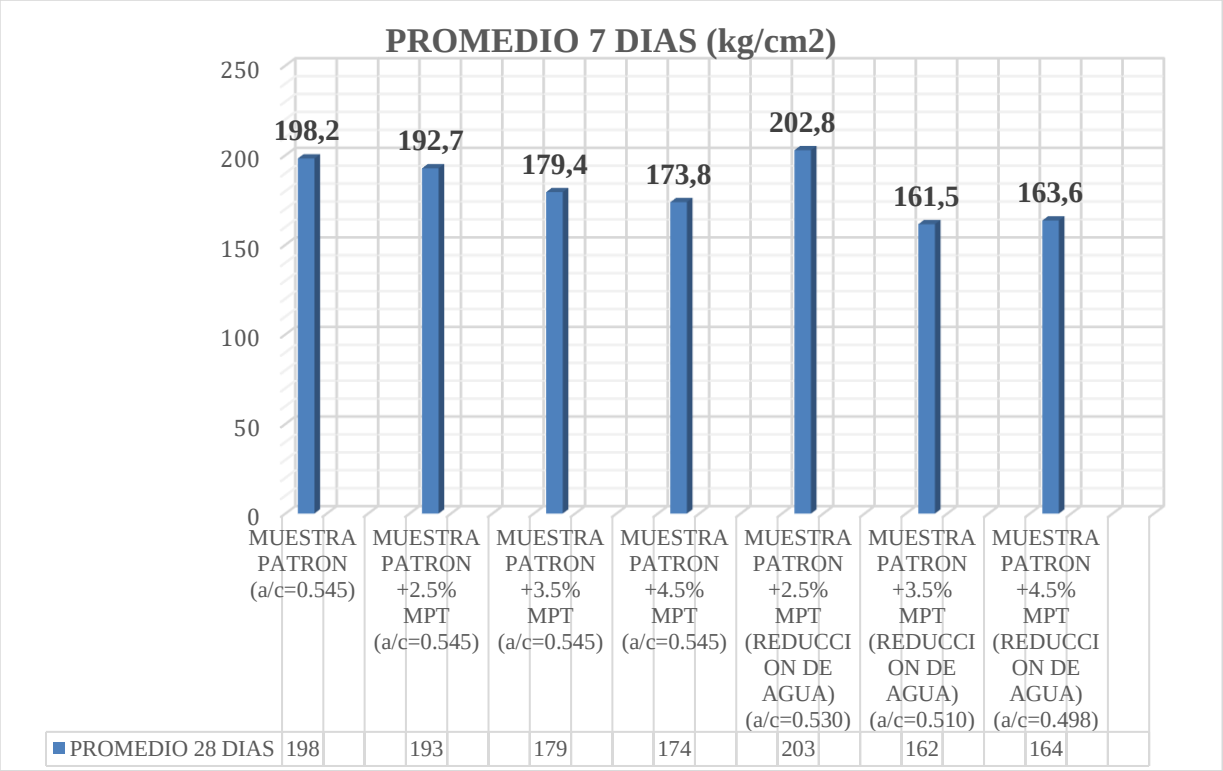
Nota. La tabla presenta los resultados de resistencia a compresión a 7 días del concreto patrón y de las mezclas con mucílago de penca de tuna.

Al incorporar mucílago de penca de tuna sin reducción de agua, se observa una disminución progresiva de la resistencia conforme aumenta la dosificación, registrándose promedios de 192.7 kg/cm² con 2.5 %, 179.4 kg/cm² con 3.5 % y 173.8 kg/cm² con 4.5

% de mucílago de penca de tuna, lo que representa reducciones aproximadas de 2.8 %, 9.5 % y 12.3 %, respectivamente, respecto a la muestra patrón. En contraste, la mezcla con 2.5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua alcanzó el mayor valor promedio, con 202.8 kg/cm², superando en 4.6 kg/cm² a la muestra patrón; sin embargo, al incrementar la dosificación a 3.5 % y 4.5 % con reducción de agua, la resistencia promedio disminuyó significativamente hasta 161.5 kg/cm² y 163.6 kg/cm², respectivamente, evidenciando que dosificaciones elevadas de mucílago de penca de tuna afectan negativamente la resistencia inicial del concreto.

Figura 71

Resultados resistencia a compresión – 07 días



Nota. La figura muestra los resultados de resistencia a compresión promedio a 7 días del concreto patrón y de las mezclas con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (MPT), sin reducción de agua.

Asimismo, se aprecia claramente que la mezcla con 2.5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua alcanza el valor más alto del conjunto, con 202.8 kg/cm², destacándose como la dosificación más favorable a edad temprana; por el contrario, las

mezclas con 3.5 % y 4.5 % de mucílago de penca de tuna con reducción de agua muestran los valores más bajos del gráfico, cercanos a 162–164 kg/cm², lo que indica que, a los 7 días de madurez, el efecto del mucílago de penca de tuna sobre la resistencia depende tanto de su dosificación como del control del contenido de agua en la mezcla.

Resistencia a compresión a 14 días

Tabla 27

Resultados resistencia a compresión – 14 días

MUESTRA	RESISTENCIA A LOS 14 DIAS	PROMEDIO 14 DIAS
MUESTRA PATRON (a/c=0.545)	200.2	212.2
	216.0	
	220.5	
MUESTRA PATRON +2.5 % MPT (a/c=0.545)	210.9	206.7
	199.9	
	209.2	
MUESTRA PATRON +3.5 % MPT (a/c=0.545)	214.2	203.3
	197.7	
	198.0	
MUESTRA PATRON +4.5 % MPT (a/c=0.545)	200.8	189.4
	180.2	
	187.3	
MUESTRA PATRON +2.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.530)	226.7	225.7
	232.4	
	217.9	
MUESTRA PATRON +3.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.510)	210.2	209.4
	202.9	
	215.2	
MUESTRA PATRON +4.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.498)	218.5	223.8
	226.4	
	226.5	

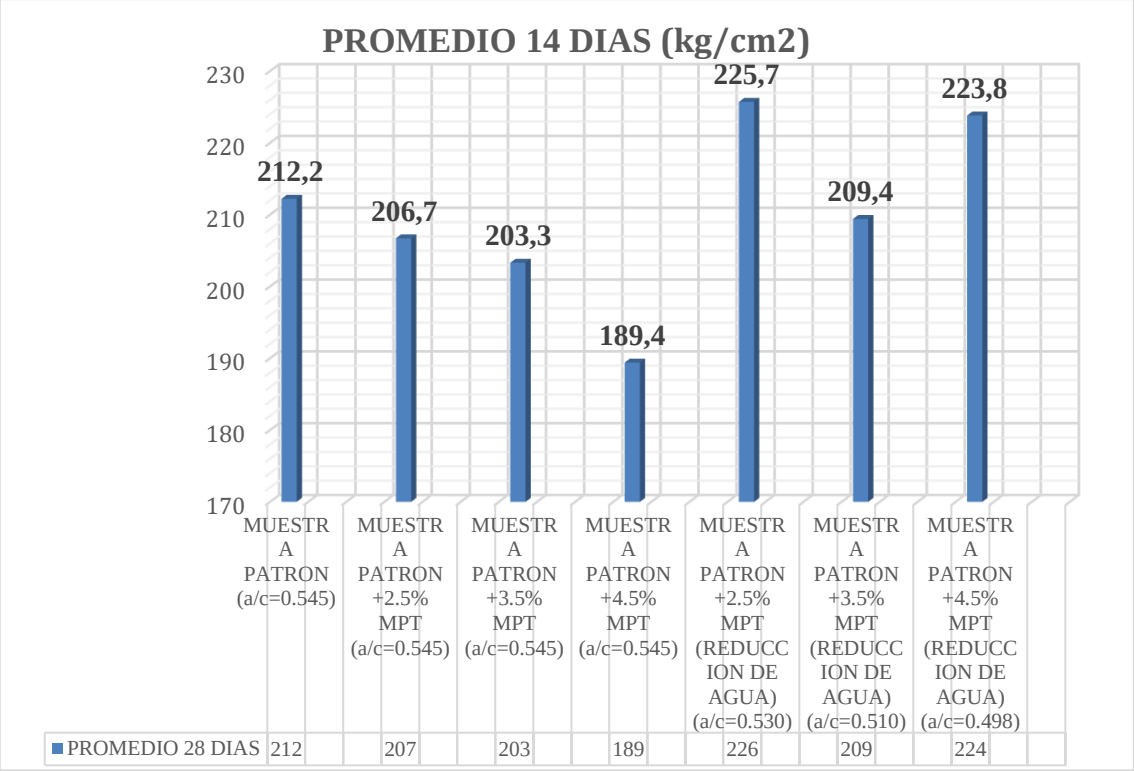
Nota. La tabla presenta los resultados de resistencia a compresión a 14 días del concreto patrón y de las mezclas con mucílago de penca de tuna.

En las mezclas con mucílago de penca de tuna sin reducción de agua, se observa una tendencia decreciente conforme aumenta la dosificación, registrándose promedios de 206.7 kg/cm² con 2.5 %, 203.3 kg/cm² con 3.5 % y 189.4 kg/cm² con 4.5 % de mucílago

de penca de tuna, lo que representa disminuciones aproximadas de 2.6 %, 4.2 % y 10.7 %, respectivamente, respecto a la muestra patrón. En contraste, las mezclas con reducción de agua presentan un comportamiento favorable, destacando la dosificación de 2.5 % de mucílago de penca de tuna, que alcanzó el mayor valor promedio de 225.7 kg/cm², superando a la muestra patrón en 13.5 kg/cm²; asimismo, las mezclas con 3.5 % y 4.5 % de mucílago de penca de tuna con reducción de agua registraron promedios de 209.4 kg/cm² y 223.8 kg/cm², respectivamente, evidenciando que el control del contenido de agua permite mejorar significativamente la resistencia a edades intermedias.

Figura 72

Resultados resistencia a compresión – 14 días



Nota. La figura muestra los resultados de resistencia a compresión promedio a 14 días del concreto patrón y de las mezclas con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (MPT), sin reducción de agua.

Asimismo, se aprecia claramente que las mezclas con reducción de agua alcanzan los valores más elevados del conjunto, destacando la dosificación de 2.5 % de mucílago de

penca de tuna, que presenta el pico máximo del gráfico con 225.7 kg/cm², seguida de la mezcla con 4.5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua, con 223.8 kg/cm². Esta distribución gráfica evidencia que, a los 14 días de madurez, el efecto del mucílago de penca de tuna sobre la resistencia a compresión es favorable cuando se combina con una adecuada reducción de agua, optimizando el desempeño mecánico del concreto.

Resistencia a compresión a 28 días

Tabla 28

Resultados resistencia a compresión – 28 días

Muestra	RESISTENCIA A LOS 28 DIAS	PROMEDIO 28 DIAS
MUESTRA PATRON (a/c=0.545)	256.7	260.2
	268.6	
	255.2	
MUESTRA PATRON +2.5 % MPT (a/c=0.545)	226.8	231.3
	228.1	
	239.0	
MUESTRA PATRON +3.5 % MPT (a/c=0.545)	212.4	211.0
	208.8	
	211.9	
MUESTRA PATRON +4.5 % MPT (a/c=0.545)	239.6	242.8
	244.8	
	243.9	
MUESTRA PATRON +2.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.530)	281.1	288.6
	295.3	
	289.4	
MUESTRA PATRON +3.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.510)	227.2	222.4
	220.3	
	219.6	
MUESTRA PATRON +4.5 % MPT (REDUCCION DE AGUA) (a/c=0.498)	274.6	278.5
	282.2	
	278.8	

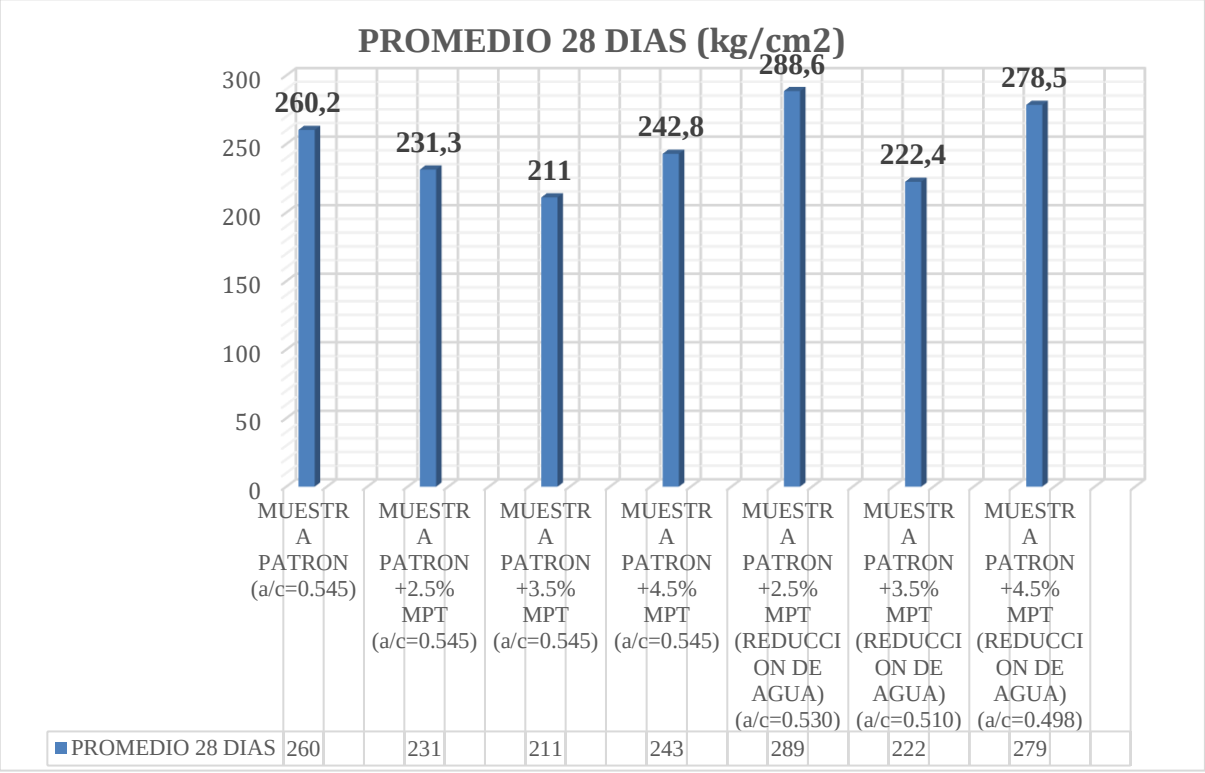
Nota. La tabla muestra los valores de resistencia a compresión a 28 días del concreto patrón (MP) y de las mezclas con incorporación de mucílago de penca de tuna (MPT).

En las mezclas con mucílago de penca de tuna sin reducción de agua, se observa una disminución de la resistencia al incrementar la dosificación, registrándose promedios de 231.3 kg/cm² con 2.5 %, 211.0 kg/cm² con 3.5 % y 242.8 kg/cm² con 4.5 % de mucílago

de penca de tuna, evidenciando que solo la dosificación de 4.5 % logra una recuperación parcial de la resistencia respecto a las dosificaciones intermedias. En contraste, las mezclas con reducción de agua presentan los mejores desempeños mecánicos, destacando la dosificación de 2.5 % de mucílago de penca de tuna, que alcanzó el mayor valor promedio de 288.6 kg/cm², superando en 28.4 kg/cm² a la muestra patrón; asimismo, la mezcla con 4.5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua obtuvo un promedio de 278.5 kg/cm², mientras que la dosificación de 3.5 % con reducción de agua registró un valor inferior de 222.4 kg/cm², lo que evidencia que el efecto del mucílago de penca de tuna a 28 días depende tanto de su porcentaje como del control del agua de mezclado.

Figura 73

Resultados resistencia a compresión – 28 días



Nota. La figura muestra los resultados de resistencia a compresión promedio a 28 días del concreto patrón y de las mezclas con diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (MPT), sin reducción de agua.

Asimismo, se aprecia claramente que las mezclas con reducción de agua presentan los valores más altos del conjunto, destacando el máximo correspondiente a 2.5 % de mucílago de penca de tuna, con 288.6 kg/cm², seguido por la mezcla con 4.5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua, con 278.5 kg/cm². Esta distribución gráfica evidencia que, a los 28 días de madurez, la incorporación de mucílago de penca de tuna resulta altamente favorable para la resistencia a compresión cuando se acompaña de una reducción adecuada del contenido de agua, permitiendo optimizar el desempeño mecánico del concreto.

4.1.3. Para el objetivo específico 03

- Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en los costos de producción del concreto con el aditivo natural en la ciudad de Tacna 2025.

Costos concreto patrón

Tabla 29

Resultados costos concreto patrón

Concreto Patrón (a/c=0.545)				
MATERIALES	**UNIDAD**	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,22	8,31	1,83
Mucílago de penca de tuna	KG	0	1,014	0,00
			TOTAL	275.27

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto patrón (sin mucílago de penca de tuna) para la producción de 1 m³.

Los valores fueron tomados del análisis de costos unitarios del proyecto "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL PRIMARIO EN LA I.E. LOS ÁNGELES, DEL DISTRITO DE TACNA - PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA" CUI 2496404, correspondiente a marzo de 2025, y se utilizan como referencia económica para la comparación con las mezclas de concreto que incorporan mucílago de penca de tuna en diferentes porcentajes.

Costos CP + 2.5 % MTP

Tabla 30

Resultados costos concreto patrón + 2.5 % MPT

Concreto Patrón +2.5 % MPT (a/c=0.545)				
MATERIALES	**UNIDAD**	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,22	8,31	1,83
Mucílago de penca de tuna	KG	9,69	1,014	9,83
			TOTAL	285,10

Nota. La tabla presenta el análisis de costos unitarios del concreto con 2,5 % de mucílago de penca de tuna para la producción de 1 m³ de concreto.

Este aumento se debe a la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, cuyo costo unitario considerado es de S/ 1.014 por kilogramo.

Los costos de los insumos principales del concreto, tales como el cemento, los agregados y el agua, se mantienen constantes respecto al concreto patrón, ya que la dosificación base de la mezcla no presenta variaciones en estos materiales. En ese sentido, el incremento en el costo total del concreto se atribuye exclusivamente a la incorporación del mucílago

de penca de tuna, lo cual permite evaluar su impacto económico dentro del análisis comparativo de las diferentes dosificaciones estudiadas.

Costos CP + 3.5 % MTP

Tabla 31

Resultados costos concreto patrón + 3.5 % MPT

Concreto Patrón +3.5 % MPT (a/c=0.545)				
MATERIALES	UNIDAD	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,22	8,31	1,83
Mucílago de penca de tuna	KG	13,566	1,014	13,76
			TOTAL	289,03

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto con incorporación de 3,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT) para la producción de 1 m³.

Este aumento se debe a la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, cuyo costo unitario considerado es de S/ 1.014 por kilogramo.
Los costos de los insumos principales del concreto, tales como el cemento, los agregados y el agua, se mantienen constantes respecto al concreto patrón, ya que la dosificación base de la mezcla no presenta variaciones en estos materiales. En ese sentido, el incremento en el costo total del concreto se atribuye exclusivamente a la incorporación del mucílago de penca de tuna, lo cual permite evaluar su impacto económico dentro del análisis comparativo de las diferentes dosificaciones estudiadas.

Costos CP + 4.5 % MTP

Tabla 32

Resultados costos concreto patrón + 4.5 % MPT

Concreto Patrón +4.5 % MPT (a/c=0.545)				
MATERIALES	**UNIDAD**	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,22	8,31	1,83
Mucílago de penca de tuna	KG	17,442	1,014	17,69
			TOTAL	292,96

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto con incorporación de 4,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT) para la producción de 1 m^3.

Este aumento se debe a la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, cuyo costo unitario considerado es de S/ 1.014 por kilogramo.
Los costos de los insumos principales del concreto, tales como el cemento, los agregados y el agua, se mantienen constantes respecto al concreto patrón, ya que la dosificación base de la mezcla no presenta variaciones en estos materiales. En ese sentido, el incremento en el costo total del concreto se atribuye exclusivamente a la incorporación del mucílago de penca de tuna, lo cual permite evaluar su impacto económico dentro del análisis comparativo de las diferentes dosificaciones estudiadas.

Costos CP + 2.5 % MTP (Reducción de agua)

Tabla 33

Resultados costos concreto patrón + 2.5 % MPT

Concreto Patrón +2.5 % MPT (Reducción de agua) (a/c=0.530)				
MATERIALES	**UNIDAD**	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,21	8,31	1,79
Mucílago de penca de tuna	KG	9,69	1,014	9,83
			TOTAL	285.05

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto con incorporación de 2,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT) para la producción de 1 m^3.

En comparación con el concreto patrón (S/ 275.27), se observa un incremento de costo asociado principalmente a la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla de S/ 9.78.

Asimismo, se aprecia una ligera disminución en el costo del agua debido a la reducción aplicada en su dosificación, pasando de 0.22 m^3 a 0.21 m^3; sin embargo, esta variación representa un impacto económico mínimo dentro del costo total del concreto. Los demás insumos principales, tales como el cemento y los agregados, mantienen los mismos valores considerados en el concreto patrón, por lo que la variación económica observada se atribuye principalmente a la incorporación del mucílago de penca de tuna.

Costos CP + 3.5 % MTP (Reducción de agua)

Tabla 34

Resultados costos concreto patrón + 3.5 % MPT

Concreto Patrón +3.5 % MPT (Reducción de agua) (a/c=0.510)				
MATERIALES	**UNIDAD**	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,21	8,31	1,72
Mucílago de penca de tuna	KG	13,566	1,014	13,76
			TOTAL	288.92

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto con incorporación de 3,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT) para la producción de 1 m^3.

En comparación con el concreto patrón (S/ 275.27), se observa un incremento de costo asociado principalmente a la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla de S/ 13.65.

Asimismo, se aprecia una ligera disminución en el costo del agua debido a la reducción aplicada en su dosificación, pasando de 0.22 m^3 a 0.21 m^3; sin embargo, esta variación representa un impacto económico mínimo dentro del costo total del concreto. Los demás insumos principales, tales como el cemento y los agregados, mantienen los mismos valores considerados en el concreto patrón, por lo que la variación económica observada se atribuye principalmente a la incorporación del mucílago de penca de tuna.

Costos CP + 4.5 % MTP (Reducción de agua)

Tabla 35

Resultados costos concreto patrón + 4.5 % MPT

Concreto Patrón +4.5 % MPT (Reducción de agua) (a/c=0.498)				
MATERIALES	**UNIDAD**	**CANTIDAD (KG)**	**PRECIO**	**PARCIAL**
Aceite motor gasolina SAE 30w	GLN	0,005	74,15	0,37
Arena gruesa	M3	0,46	35,59	16,37
Piedra chancada de 1/2"	M3	0,6	74,58	44,75
Cemento portland tipo IP (42,5kg)	BOL	9,12	22,88	208,67
Gasolina regular	GLN	0,25	13,15	3,29
Agua para la construcción	M3	0,20	8,31	1,69
Mucílago de penca de tuna	KG	17,442	1,014	17,69
			TOTAL	292.82

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto con incorporación de 4,5 % de mucílago de penca de tuna (MPT) para la producción de 1 m^3.

En comparación con el concreto patrón (S/ 275.27), se observa un incremento de costo asociado principalmente a la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla de S/ 17.55.

Asimismo, se aprecia una ligera disminución en el costo del agua debido a la reducción aplicada en su dosificación, pasando de 0.22 m^3 a 0.20 m^3; sin embargo, esta variación representa un impacto económico mínimo dentro del costo total del concreto. Los demás insumos principales, tales como el cemento y los agregados, mantienen los mismos valores considerados en el concreto patrón, por lo que la variación económica observada se atribuye principalmente a la incorporación del mucílago de penca de tuna.

Resumen de costos

Tabla 36

Resumen de costos

RESUMEN DE COSTOS	
	Costo total
Concreto patrón	275.27
Concreto patrón +2.5 % MPT	285.10
Concreto patrón +3.5 % MPT	289.03
Concreto patrón +4.5 % MPT	292.96
Concreto patrón +2.5 % MPT (Reducción de agua)	285.05
Concreto patrón +3.5 % MPT (Reducción de agua)	288.92
Concreto patrón +4.5 % MPT (Reducción de agua)	292.82

Nota. La tabla muestra el análisis de costos unitarios del concreto patrón y de las mezclas con incorporación de mucílago de penca de tuna (MPT) en diferentes porcentajes.

De manera similar, en las mezclas con reducción en el contenido de agua de mezclado se obtienen costos de S/ 285.05, S/ 288.92 y S/ 292.82 para los mismos porcentajes de mucílago de penca de tuna, evidenciando que la reducción de agua genera una variación económica mínima en el costo total del concreto.

La diferencia máxima entre el concreto patrón y la mayor dosificación evaluada (4.5 %) es de S/ 17.69, lo que representa aproximadamente un incremento del 6.4 % del costo unitario del concreto. Estos resultados indican que el incremento económico del concreto se encuentra directamente asociado a la cantidad de mucílago de penca de tuna incorporado como aditivo natural, mientras que la reducción en el contenido de agua no produce variaciones significativas en el costo final de la mezcla.

Discusión de resultados

Discusión 01:

En relación con los resultados del objetivo específico 01, se observa que la incorporación de mucílago de penca de tuna influye en las propiedades físicas del concreto en estado fresco. La muestra patrón presentó un slump de 4 pulgadas, valor que se mantuvo

constante con la adición de 2,5 % de mucílago de penca de tuna; sin embargo, este incremento se elevó a 6,5 pulgadas con 3,5 % y alcanzó 8 pulgadas con 4,5 %, lo que representa un aumento del 100 % respecto al concreto patrón.

Por otro lado, al aplicar reducción de agua, todas las mezclas con mucílago de penca de tuna presentaron un slump uniforme de 3,5 pulgadas, lo que evidencia la posibilidad de mantener la trabajabilidad con menor contenido de agua. En cuanto a la reducción de agua, se obtuvieron valores promedio de 2,3 %, 5,7 % y 7,7 % para las dosificaciones de 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %, respectivamente, lo que indica una relación directa entre la cantidad de mucílago de penca de tuna y la disminución del agua de mezclado.

El contenido de aire se mantuvo constante en 1,2 % en todas las mezclas, mientras que el peso unitario mostró un incremento progresivo hasta 2,325 g/cm³ en condiciones sin reducción de agua y una ligera disminución hasta 2,297 g/cm³ en las mezclas con reducción de agua.

Al contrastar estos resultados con los obtenidos por Valverde (2023), en su investigación realizada en la ciudad de Abancay, se identifica un comportamiento similar en la trabajabilidad del concreto con incorporación de mucílago de penca de tuna. Dicho estudio reporta un asentamiento del concreto patrón de 7,6 cm, el cual aumenta progresivamente a 7,8 cm (1,5 %), 8,3 cm (2 %), 9,4 cm (2,5 %) y 10,2 cm (3 %), evidenciando que mayores concentraciones del aditivo incrementan el slump. Esta tendencia coincide con la presente investigación, donde el slump aumentó de 4 a 8 pulgadas conforme se incrementó la dosificación del mucílago.

Asimismo, aunque el estudio de Valverde se orienta principalmente a la resistencia a compresión, sus resultados confirman el efecto plastificante del mucílago de penca de tuna, lo cual es consistente con lo observado en esta investigación respecto a la reducción del contenido de agua sin afectar la consistencia del concreto, manteniéndose además valores estables de contenido de aire.

Discusión 02:

En relación con los resultados del objetivo específico 02, se observa que el efecto del mucílago de penca de tuna sobre la resistencia a compresión del concreto varía según la dosificación, la edad de maduración y el control del contenido de agua. A los 7 días, la muestra patrón alcanzó una resistencia de 198,2 kg/cm², mientras que las mezclas sin reducción de agua presentaron una disminución progresiva hasta 173,8 kg/cm² con 4,5 %

de mucílago de penca de tuna. En contraste, la mezcla con 2,5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua registró el mayor valor, con 202,8 kg/cm².

A los 14 días, la muestra patrón presentó 212,2 kg/cm², observándose nuevamente una reducción en las mezclas sin reducción de agua y un comportamiento favorable en aquellas con reducción de agua, destacando la dosificación de 2,5 %, con 225,7 kg/cm². Finalmente, a los 28 días, la muestra patrón alcanzó 260,2 kg/cm², mientras que la mezcla con 2,5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua obtuvo el mayor valor promedio, con 288,6 kg/cm², superando en 28,4 kg/cm² al concreto patrón. Este comportamiento indica que una dosificación intermedia del aditivo, combinada con reducción de agua, favorece el desarrollo de la resistencia mecánica del concreto.

Al contrastar estos resultados con los obtenidos por Bañez y Veramendi (2021), se identifica una tendencia similar en el comportamiento de la resistencia a compresión al incorporar mucílago de penca de tuna como aditivo natural. Los autores reportaron que, respecto a una resistencia patrón de 176,3 kg/cm², la incorporación de 1 %, 3 % y 6 % de mucílago incrementó la resistencia a 177,7 kg/cm², 182,8 kg/cm² y 188,5 kg/cm², respectivamente, con un incremento máximo de 6,9 %.

Esta tendencia ascendente es consistente con los resultados del presente estudio, en el que la dosificación intermedia (2,5 %), especialmente con reducción de agua, generó los mayores incrementos de resistencia, mientras que dosificaciones superiores no necesariamente presentan el mismo desempeño. Asimismo, ambos estudios coinciden en que el mucílago de penca de tuna actúa como un aditivo de tipo plastificante, mejorando la trabajabilidad y favoreciendo el desarrollo de la resistencia, especialmente a edades más avanzadas.

Discusión 03:

En relación con los resultados del objetivo específico 03, se observa que la incorporación del mucílago de penca de tuna como aditivo natural genera un incremento progresivo en el costo de producción del concreto. El costo total de un metro cúbico de concreto patrón fue de S/ 275,27, mientras que las mezclas con mucílago de penca de tuna alcanzaron S/ 285,10 con 2,5 %, S/ 289,03 con 3,5 % y S/ 292,96 con 4,5 %. Este comportamiento indica que el incremento económico está asociado directamente con el aumento de la dosificación del aditivo.

La diferencia máxima entre el concreto patrón y la mayor dosificación evaluada (4,5 %) fue de S/ 17,69, lo que representa aproximadamente un incremento del 6,4 % del costo por metro cúbico. Asimismo, las mezclas con reducción de agua presentan costos similares a las mezclas sin reducción, registrando S/ 285,05; S/ 288,92 y S/ 292,82 para las dosificaciones de 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %, respectivamente, lo que evidencia que la variación del contenido de agua no influye de manera significativa en el costo total del concreto.

Al contrastar estos resultados con el estudio de Bernedo y Pinchipinchi (2022), se identifica que, aunque su investigación se centra en el comportamiento físico-mecánico del concreto con mucílago de tuna y aditivos superplastificantes, se infiere una diferencia económica relevante entre el uso de aditivos naturales y químicos. Mientras que el mucílago de tuna puede obtenerse a partir de recursos locales y en bajas dosificaciones, los superplastificantes evaluados (0,7 % a 1,50 %) corresponden a productos industrializados con mayor costo de mercado.

En este sentido, ambos estudios coinciden en que, si bien los aditivos mejoran el desempeño del concreto, el mucílago de penca de tuna representa una alternativa de menor impacto económico en comparación con aditivos químicos comerciales. En conjunto, los resultados de la presente investigación indican que su incorporación no compromete la viabilidad económica del concreto, manteniendo incrementos moderados de costo y aportando mejoras técnicas previamente observadas, lo que respalda su aplicación como aditivo natural en el contexto de la ciudad de Tacna.

Capítulo V:
Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Conclusión 01:

Se concluye, para el objetivo específico 01, que la incorporación de mucílago de penca de tuna influye en las propiedades físicas del concreto en estado fresco. La muestra patrón presentó un slump de 4 pulgadas, valor que se incrementó a 6,5 pulgadas con 3,5 % y a 8 pulgadas con 4,5 % de mucílago de penca de tuna, lo que representa un incremento del 100 % respecto al concreto patrón.

Asimismo, con la aplicación de reducción de agua, todas las dosificaciones mantuvieron un slump uniforme de 3,5 pulgadas, registrándose reducciones promedio de agua de 2,3 %, 5,7 % y 7,7 % para 2,5 %, 3,5 % y 4,5 %, respectivamente. El contenido de aire se mantuvo constante en 1,2 %, mientras que el peso unitario alcanzó un valor máximo de 2,325 g/cm³ en condiciones sin reducción de agua y disminuyó hasta 2,297 g/cm³ con reducción de agua.

En conjunto, estos resultados indican que el mucílago de penca de tuna mejora la trabajabilidad del concreto y permite optimizar el uso del agua sin generar efectos negativos relevantes en sus propiedades físicas.

Conclusión 02:

Se concluye, para el objetivo específico 02, que el mucílago de penca de tuna influye en la resistencia a compresión del concreto en función de la dosificación, la edad de madurez y el control del agua de mezclado. A los 7 días, la muestra patrón alcanzó una resistencia

de 198,2 kg/cm², mientras que la mezcla con 2,5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua registró el mayor valor, con 202,8 kg/cm².

A los 14 días, la resistencia del concreto patrón fue de 212,2 kg/cm², destacando nuevamente la dosificación de 2,5 % con reducción de agua, con un valor de 225,7 kg/cm². Finalmente, a los 28 días, la muestra patrón alcanzó 260,2 kg/cm², mientras que la mezcla con 2,5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua obtuvo el valor máximo de 288,6 kg/cm², superando al concreto de referencia en 28,4 kg/cm².

En conjunto, estos resultados indican que una dosificación intermedia de mucílago de penca de tuna, asociada a una adecuada reducción del contenido de agua, favorece el desarrollo de la resistencia mecánica del concreto en las edades evaluadas.

Conclusión 03:

Se concluye, para el objetivo específico 03, que la incorporación del mucílago de penca de tuna genera un incremento progresivo en el costo de producción del concreto en la ciudad de Tacna. El costo del concreto patrón fue de S/ 275,27, mientras que las mezclas con 2,5 %, 3,5 % y 4,5 % de mucílago de penca de tuna alcanzaron S/ 285,10, S/ 289,03 y S/ 292,96, respectivamente. La diferencia máxima entre el concreto patrón y la mayor dosificación evaluada fue de S/ 17,69, equivalente aproximadamente a un incremento del 6,4 % del costo unitario.

Asimismo, las mezclas con reducción de agua presentan costos similares a las mezclas sin reducción, lo que indica que esta variable no genera variaciones económicas significativas en el costo total del concreto. En conjunto, los resultados muestran que el uso del mucílago de penca de tuna como aditivo natural mejora el desempeño del concreto, manteniendo una variación económica moderada, lo que respalda su viabilidad técnica y económica en el contexto de la ciudad de Tacna.

Finalmente, los resultados corresponden a condiciones experimentales desarrolladas en la ciudad de Tacna; no obstante, el comportamiento observado sugiere que el uso del mucílago de penca de tuna podría considerarse como referencia para contextos con condiciones similares, recomendándose la realización de estudios complementarios que consideren las particularidades de cada zona.

5.2. Recomendaciones

Recomendación 01:

Se recomienda realizar investigaciones complementarias utilizando agregados provenientes de diferentes canteras, con el fin de evaluar la influencia de sus características físicas sobre las propiedades del concreto adicionado con mucílago de penca de tuna, debido a que variaciones en la granulometría, absorción y forma de las partículas pueden modificar el comportamiento de la mezcla en estado fresco.

Se sugiere priorizar la aplicación de reducción de agua con el fin de mantener un slump objetivo (por ejemplo, 3,5 pulgadas) y evitar incrementos excesivos de trabajabilidad, como los observados en las dosificaciones de 3,5 % y 4,5 %, que alcanzaron 6,5 y 8 pulgadas, respectivamente. Estos valores podrían incrementar el riesgo de segregación en obra.

Asimismo, se recomienda estandarizar la preparación y caracterización del mucílago de penca de tuna, considerando parámetros como viscosidad, concentración, pH y tiempo de conservación. Finalmente, se sugiere complementar los ensayos con evaluaciones de exudación, segregación y tiempo de fraguado, a fin de verificar que el incremento del slump no afecte la estabilidad del concreto.

Recomendación 02:

Se recomienda, para el objetivo específico 02, maximizar la resistencia a compresión del concreto con mucílago de penca de tuna mediante el uso de una dosificación moderada y un adecuado control del agua de mezclado. Se evidencia que la mezcla con 2,5 % de mucílago de penca de tuna y reducción de agua presentó los mejores resultados a 7, 14 y 28 días (202,8; 225,7 y 288,6 kg/cm², respectivamente), superando al concreto patrón a los 28 días (260,2 kg/cm²) en 28,4 kg/cm².

En este sentido, se recomienda establecer en laboratorio un criterio de optimización basado en la resistencia y en la relación agua/cemento efectivo, evitando dosificaciones que puedan comprometer el desempeño temprano del concreto. Asimismo, se sugiere complementar la investigación con ensayos de durabilidad, como absorción, permeabilidad y resistencia a la penetración de cloruros o sulfatos, así como análisis de microestructura (porosidad y adherencia pasta–agregado), con el fin de explicar el comportamiento observado en la resistencia.

Recomendación 03:

Se recomienda, para el objetivo específico 03, optimizar el impacto económico del uso del mucílago de penca de tuna promoviendo su incorporación en el diseño de mezclas de concreto como aditivo natural de bajo costo, especialmente en dosificaciones que han demostrado mejoras mecánicas con variaciones económicas moderadas. Se considera que el incremento máximo del costo fue de S/ 17,69, equivalente aproximadamente al 6,4 % del costo unitario del concreto.

Asimismo, se sugiere que futuras investigaciones evalúen el análisis costo–beneficio del mucílago de penca de tuna a escala de producción real e incluyan comparaciones con aditivos químicos comerciales, con el fin de determinar su competitividad económica y validar su viabilidad técnica y económica en proyectos de construcción en la ciudad de Tacna y contextos similares.

Finalmente, se recomienda desarrollar estudios complementarios en otras regiones del país para evaluar el comportamiento del mucílago de penca de tuna bajo diferentes condiciones climáticas, tipos de agregados y fuentes de materia prima, con el propósito de ampliar su validación y aplicabilidad a mayor escala

Referencias bibliográficas

Alaku, P., & Agboola, M. (2020). An explorative study on the suitability of sesame plant mucilage (Sesamum indicum) as admixtures in concrete. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 4*(11), 574–581.

ASTM 494. (2022). *Standard specification for chemical admixtures for concrete*. ASTM International. https://cdn.standards.iteh.ai/samples/113038/d2e4626634cb4899bc662de739806f28/ASTM-C494-C494M-19e1.pdf

ASTM C150. (2009). *Standard specification for Portland cement*. ASTM International.

Bañez, C., & Veramendi, E. (2021). *Influencia en el ensayo a compresión del concreto f'c = 175 kg/cm² adicionando mucílago de penca de tuna y superplastificante Sika, Huaraz–Áncash–2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.

Bernedo, K., & Pinchipinchi, M. (2022). *Análisis de mucílago de tuna y aditivo superplastificante en las propiedades físico-mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm², Moquegua, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.

Brevet, H., Dheilly, R., Montrelay, N., Houessou, K., Petit, E., & Goullieux, A. (2024). Effects of flaxseed mucilage admixture on ordinary Portland cement fresh and hardened states. *Applied Sciences, 14*(3862), 1–19.

Carhuavilca, P., Chávez, D., Guillén, J., & Mendoza, J. (2020). Trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto para diferentes relaciones agua/cemento. *ACI USMP FIA, 1*(1), 1–29.

Cruz, N., & Ramírez, D. (2022). Evaluación de muestras del agregado grueso proveniente de residuos de concreto para producir nuevos concretos. *Métodos y Materiales, 12*(1), 1–12.

Díaz, Y., Menchaca, C., Rocabruno, C., & Uruchurtu, J. (2019). Natural additive (nopal mucilage) on the electrochemical properties of concrete reinforcing steel. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, 9*(3).

Falcon, L. (2022). *Propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico modificados con mucílago de huaraco en zonas altoandinas, Huancayo, Junín 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Universidad Continental.

Gallegos, R., Larrea, F., Goyes, C., Pérez, J., Suárez, E., & Palacio, A. (2021). Effect of natural additives on concrete mechanical properties. *Cogent Engineering, 8*(1870790), 1–8.

García, L. (2021). *Efecto del mucílago de tuna en el tiempo de fraguado y resistencia a la compresión del concreto f'c = 210 kg/cm², Santa Cruz, Cajamarca, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.

Gerencia Regional Agraria La Libertad. (2009). *Cultivo de tuna (Opuntia ficus-indica)*. Gerencia Regional Agraria La Libertad.

Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L., & Segura, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en Marcha, 25*(2), 80–86.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores.

León, L., & Rodríguez, C. (2022). Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. *Revista de Arquitectura e Ingeniería, 16*(2), 1–13.

Li, J.-R., Saleem, S., Wang, X., & Wu, Y.-F. (2024). Improving carbonation resistance, strength, and microstructure of concrete through compression casting. *Case Studies in Construction Materials*, *21*(e03804), 1–15.

Luque, G., Gómez, H., Pari, W., Peña, F., & Huamán, M. (2021). *Peligro geológico en la región Tacna*. INGEMMET.

Matallana, R. (2023). *El concreto: Fundamentos y nuevas tecnologías*. Corona.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Análisis de mercado: Tuna*. Sierra y Selva Exportadora.

NTP 339.034. (2015). *Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. INACAL.

NTP 339.035. (2009). *Hormigón (concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. INDECOPI.

NTP 339.047. (2019). *Concreto. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados*. INACAL.

Nyabuto, A., Abuodha, S., Mwero, J., Scheinherrová, L., & Mwiti, J. (2023). Effects of aloe vera mucilage as a superplasticizer on limestone calcined clay self-consolidating concrete performance. *Preprints*, 1–17.

Olivero, R., Aguas, Y., Mercado, I., Casas, D., & Montes, L. (2014). Utilización de tuna (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, *11*(1).

Ortega, J. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Macro.

Peña, P. (2020). *Manual de recomendaciones técnicas para vaciados de concreto masivo*. SENCICO.

Quispe, J. (2021). *Efectos del aloe vera y mucílago de nopal en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto f'c 280 kg/cm²* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.

Ramírez, S. (2008). *Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional].

Rojas, C., Campos, H., Gutiérrez, F., & Meneses, R. (2018). Técnicas de multiplicación de plantines de tuna (Opuntia ficus-indica L.) a nivel de vivero en "La Violeta". *Revista de Agricultura, 58*, 1–8.

Solórzano, A., Zambrano, A., & Guerra, J. (2024). Características de dos agregados finos que influyen en la resistividad del hormigón. *Polo del Conocimiento, 9*(1), 1813–1829.

Valverde, A. (2023). *Determinación de la resistencia a compresión axial del concreto estructural f'c = 210 kg/cm² integrando a la mezcla como aditivo natural el mucílago de penca de tuna en la ciudad de Abancay, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Universidad Tecnológica de los Andes.

Zaiping, Z., & Genli, R. (2024). Experimental study on axial compression performance of steel tube confined concrete after freeze-thaw cycles. *Results in Engineering, 24*(103267), 1–16.

Anexos

Matriz de consistencia

Tabla 37.

Matriz de Consistencia

TÍTULO: "EFECTOS DE LA UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE PENCA DE TUNA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO f'c = 210 kg/cm² EN LA CIUDAD DE TACNA 2025"						
PROBLEMAS	**OBJETIVOS**	**HIPÓTESIS**	**Variables e Indicadores**			
Problema General:	**Objetivo General:**	**Hipótesis General:**	**Variable Independiente: Mucílago de Penca**			
			Dimensiones	**Indicadores**	**Ítems**	**Escala de Mediciones**
Determinar los efectos de la utilización de mucílago de Penca de Tuna en las propiedades en el concreto en la ciudad de Tacna 2025	Determinar los efectos de la utilización de mucílago de Penca de Tuna en las propiedades en el concreto en la ciudad de Tacna 2025	La utilización de mucílago de Penca de Tuna tiene efectos positivos en las propiedades en el concreto en la ciudad de Tacna 2025	Porcentaje de dosificación de Mucílago de Penca	(0 %) Concreto Patrón 2.5 % de Mucílago de Penca de tuna 3.5 % de Mucílago de Penca de tuna 4.5 % de Mucílago de Penca de tuna	4	BALANZA
Problemas específicos	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específicas**	**Variable Dependiente: Esfuerzo de compresión del concreto**			
¿Cuál es el efecto del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas del concreto en la ciudad de Tacna 2025?	Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas del concreto en la ciudad de Tacna 2025	El mucílago de penca de tuna tiene efectos significativos en las propiedades físicas del concreto en la ciudad de Tacna 2025	Propiedades físicas	Consistencia (Slump)	3	NTP 339.035
				Peso Unitario		NTP 339.046
				Contenido de Aire		NTP 339.080
¿Cuál es el efecto del mucílago de penca de tuna en la resistencia al esfuerzo de compresión a 7, 14 y 28 días de madurez del concreto en la ciudad de Tacna 2025?	Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en la resistencia al esfuerzo de compresión a 7, 14 y 28 días de madurez del concreto en la ciudad de Tacna 2025	El mucílago de penca de tuna tiene a efectos significativos en la resistencia al esfuerzo de compresión a 7, 14 y 28 días de madurez del concreto en la ciudad de Tacna 2025	Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión a 7, 14 y 28 Días de madurez	1	NTP 339.039
¿Cuál es el efecto del mucílago de penca de tuna en los costos de producción y la optimización de la resistencia al esfuerzo de compresión del concreto en la ciudad de Tacna 2025?	Determinar el efecto del mucílago de penca de tuna en los costos de producción y la optimización de la resistencia al esfuerzo de compresión del concreto en la ciudad de Tacna 2025	Los efectos del mucílago de penca de tuna son positivamente significativos en los costos de producción y la optimización de la resistencia al esfuerzo de compresión del concreto en la ciudad de Tacna 2025	Costos de Producción	A. C. U.	1	RAZON

TÍTULO: "EFECTOS DE LA UTILIZACIÓN DEL MUCÍLAGO DE PENCA DE TUNA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO f'c = 210 kg/cm^2 EN LA CIUDAD DE TACNA 2025"

Diseño de Investigación:	Población y Muestra	Técnicas e instrumentos:	Método de análisis de datos:
Enfoque: Cuantitativo **Tipo:** Aplicado **Método:** Científico **Diseño:** Experimental **NIVEL:** Explicativo	**Población:** La población de la presente investigación está conformada por el total de probetas de concreto elaboradas en laboratorio (63 probetas), correspondientes a siete diseños de mezcla que incorporan diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna como aditivo natural (0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %), incluyendo tres mezclas adicionales con reducción en el contenido de agua. Para la elaboración de estas mezclas se emplearon agregados provenientes de la cantera Arunta de Tacna, con el fin de evaluar la influencia del mucílago de penca de tuna en las propiedades físicas, mecánicas y económicas del concreto. **Muestra:** La muestra estará constituida por 63 probetas de concreto en las cuales se desarrollarán las evaluaciones correspondientes, empleando dosificaciones de mucílago de penca de tuna de 0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %. Las probetas serán evaluadas a edades de madurez de 7, 14 y 28 días mediante el ensayo de resistencia a la compresión. **Muestreo:** El muestreo no probabilístico empleado en esta investigación se basa en la selección intencional de las mezclas que incorporan diferentes porcentajes de mucílago de penca de tuna (0 %, 2.5 %, 3.5 % y 4.5 %), con el propósito de evaluar su efecto en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.	**Variable 1: Mucílago de Penca** **Técnica: Observación Directa e Instrumento: Ficha de recolección de datos** **Variable 2: Esfuerzo de compresión del concreto** **Técnica: Observación Directa e Instrumento: Ficha de recolección de datos**	**Estadística descriptiva:** Los datos se agruparán en tablas y su grafica de los impactos que tienen cada una de las dosificaciones empleadas a las distintas edades de madurez 7, 14 y 28 días **Estadística Inferencial:** El análisis estadístico se realizará utilizando herramientas como medias, desviación estándar y ANOVA para evaluar si existen diferencias significativas entre las propiedades del concreto con y sin mucílago de penca de tuna.

Nota. Elaboración propia.

Informes de ensayos de laboratorio para el diseño de mezcla de concreto

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL Pagina: 1 de 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP. 400.012

INFORME N°: TU - UNJBG - 25 - 002

PROYECTO : Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025

SOLICITANTE : Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN: A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA: Cantera Arunta Velasquez
ENSAYADO EN: Laboratorio de Ingeservicios Sac

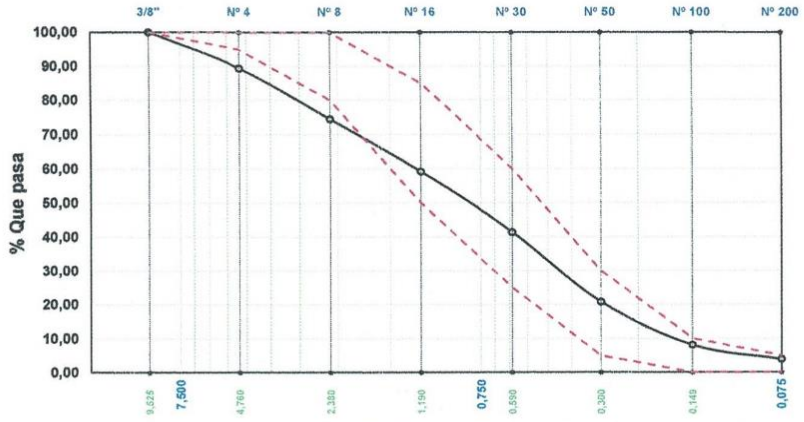
FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de Mayo de 2025
FECHA DE EJECUCIÓN: 9 de Mayo de 2025
FECHA DE EMISIÓN: 14 de Mayo de 2025

Material: Agregado fino
Datos adicionales: -

Método de secado: Por horno 110°C±5°C
Modulo de Fineza: 3,07

Tamices ASTM	Abertura mm	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Gradación: NTP 400.037
3/8"	9,525	0,00	0,00	100,00	100
N° 4	4,760	10,61	10,61	89,39	95 - 100
N° 8	2,380	15,00	25,60	74,40	80 - 100
N° 16	1,190	15,24	40,84	59,16	50 - 85
N° 30	0,590	17,80	58,65	41,35	25 - 60
N° 50	0,300	20,62	79,27	20,73	5 - 30
N° 100	0,149	12,63	91,89	8,11	0 - 10
N° 200	0,075	4,26	96,15	3,85	0 - 5

Curva Granulométrica



Observación:
- Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL Pagina: 1 de 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP 400.012

INFORME N°: TU - UNJBG - 25 - 003

PROYECTO : Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025

SOLICITANTE : Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN: A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA: Cantera Arunta Velasquez
ENSAYADO EN: Laboratorio de Ingeservicios Sac

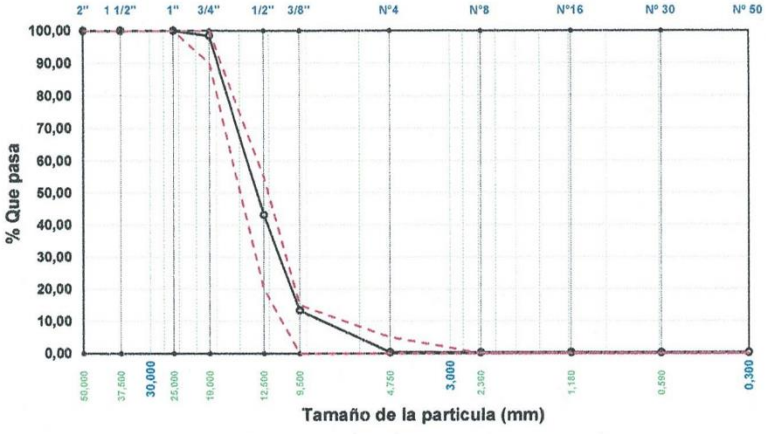
FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de Mayo de 2025
FECHA DE EJECUCIÓN: 9 de Mayo de 2025
FECHA DE EMISIÓN: 14 de Mayo de 2025

Material: Agregado grueso
Datos adicionales: -

Método de secado: Por horno 110°C±5°C
Tamaño máximo nominal del agregado: 1/2"

Tamices ASTM	Abertura mm	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Gradación 6
2"	50,000	0,00	0,00	100,00	-
1 1/2"	37,500	0,00	0,00	100,00	-
1"	25,000	0,00	0,00	100,00	100
3/4"	19,000	1,63	1,63	98,37	90 - 100
1/2"	12,500	55,31	56,94	43,06	-
3/8"	9,500	29,78	86,72	13,28	20 - 55
N°4	4,750	12,96	99,68	0,32	0 - 10
N°8	2,360	0,01	99,69	0,31	0 - 5
N°16	1,180	0,00	99,69	0,31	-
N° 30	0,590	0,00	99,69	0,31	-
N° 50	0,300	0,00	99,69	0,31	-

Curva Granulométrica



Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL Pagina: 1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD
NTP 339.185

INFORME N°: TU - UNJBG - 25 - 001

PROYECTO : Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025

SOLICITANTE : Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN: A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA : Cantera Arunta Velasquez
ENSAYADO EN: Laboratorio de Ingeservicios Sac

FECHA DE RECEPCIÓN: 9 de Mayo de 2025
FECHA DE EJECUCIÓN: 8 de Mayo de 2025
FECHA DE EMISIÓN: 15 de Mayo de 2025

Material: Ag. Fino-Ag. Grueso
Datos adicionales: -

Método de secado: Por horno 110°C±5°C
Condición inicial: Muestra alterada

Agregado Fino

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	CHF-1	CHF-2	CHF-3
W. Tara (g)	233,32	225,48	229,04
W.Tara + Muestra Húmeda (g)	2501,40	2175,40	2571,30
W.Tara + Muestra Seca (g)	2463,34	2141,72	2531,35
W. Muestra Humeda (g)	2268,08	1949,92	2342,26
W. Muestra Seca (g)	2230,02	1916,24	2302,31
W. Agua (g)	38,06	33,68	39,95
Contenido de Humedad (%)	1,707	1,758	1,735
Contenido de Humedad (%)		1,733	

Agregado Grueso

CARACTERISTICAS	MUESTRA		
	CHG-1	CHG-2	CHG-3
W. Tara (g)	287,15	272,76	277,96
W.Tara + Muestra Húmeda (g)	4711,80	4726,00	4651,00
W.Tara + Muestra Seca (g)	4698,80	4714,10	4638,30
W. Muestra Humeda (g)	4424,65	4453,24	4373,04
W. Muestra Seca (g)	4411,65	4441,34	4360,34
W. Agua (g)	13,00	11,90	12,70
Contenido de Humedad (%)	0,295	0,268	0,291
Contenido de Humedad (%)		0,285	

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistemade calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL — Pagina: 1 de 1

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
NTP. 400.022

INFORME N°: TU - UNJBG - 25 - 004

PROYECTO : Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025

SOLICITANTE : Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN: A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA: Cantera Arunta Velasquez
ENSAYADO EN: Laboratorio de Ingeservicios Sac

FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de Mayo de 2025
FECHA DE EJECUCIÓN: 13 de Mayo de 2025
FECHA DE EMISIÓN: 14 de Mayo de 2025

Material: Agregado fino
Datos adicionales: Procedimiento gravimétrico (Picnómetro)

Método de secado: Por horno 110°C±5°C
Condición inicial: -

GRAVEDAD ESPECIFICA

ITEM	MUESTRAS		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
Volumen de recipiente (cc)	500	500	500
W. Tara (g)	77,86	77,29	85,24
W. Tara + Muestra SSS (g)	585,01	585,26	588,02
W. Tara + Muestra seca (g)	579,93	580,12	583,25
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	971,10	974,61	971,71
W. Fiola + Agua (g)	655,15	657,46	657,83
W. Muestra SSS (g)	507,15	507,97	502,78
W. Muestra Seca (g)	502,07	502,83	498,01
Absorción (%)	1,012	1,022	0,958
Peso especifico aparente (g/cc)	2,626	2,635	2,636
Peso especifico SSS (g/cc)	2,652	2,662	2,662
Peso especifico nominal (g/cc)	2,698	2,708	2,705
Absorción (Prom.)(%)		**0,997**	
Peso esp. aparente (g/cc)		**2,632**	
Peso especifico SSS (g/cc)		**2,659**	
Peso especifico nominal (g/cc)		**2,703**	

RESULTADOS
Peso especifico SSS (g/cc)
2,659
Absorción (%)
0,997

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP A42536
JEFE DE LABORATORIO

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL Pagina: 1 de 1

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
NTP. 400.021

INFORME N°:	TU - UNJBG - 25 - 005		
PROYECTO :	Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
SOLICITANTE :	Flores Cuéllar Alexánder Fernando		
DIRECCIÓN:	A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna		
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	**FECHA DE RECEPCIÓN:**	7 de Mayo de 2025
MUESTRA :	Cantera Arunta Velasquez	**FECHA DE EJECUCIÓN:**	13 de Mayo de 2025
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios Sac	**FECHA DE EMISIÓN:**	14 de Mayo de 2025
Material:	Agregado grueso	**Método de secado:**	Por horno 110°C±5°C
Datos adicionales:	Agregado sumergido en agua por 24 h ± 4 h	**Condición inicial:**	-

PESO ESPECÍFICO (PIEDRA)

ITEM	MUESTRA		
	PE-1	PE-2	PE-3
W. Tara (g)	198,300	194,170	202,200
W.Tara + Muestra SSS (g)	1702,780	1784,640	1754,290
W. Tara + Muestra seca (g)	1687,860	1768,300	1739,000
Muestra sumergida (g)	936,500	994,040	973,920
W. Muestra Seca (g)	1489,560	1574,130	1536,800
W. Muestra SSS (g)	1504,480	1590,470	1552,090
W. Muestra SSS sumergida (g)	936,500	994,040	973,920
Volumen de la muestra SSS (cc)	567,980	596,430	578,170
Volumen de la muestra (cc)	553,060	580,090	562,880
Absorcion (%)	1,002	1,038	0,995
Peso especifico de la masa (Pem) (g/cc)	2,623	2,639	2,658
Peso especifico masa saturada con superficie seca (Pesss) (g/cc)	2,649	2,667	2,684
Peso especifico aparente (Pea) (g/cc)	2,693	2,714	2,730
Absorción (%)		**1,012**	
Peso especifico de la masa (Pem) (g/cc)		**2,640**	
Peso especifico masa saturada con superficie seca (PeSSS) (g/cc)		**2,667**	
Peso especifico aparente (Pea) (g/cc)		**2,712**	

RESULTADOS
Peso especifico SSS (g/cc)
2,667
Absorción (%)
1,012

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL Pagina: 1 de 1

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NTP. 400.017

INFORME N°: TU - UNJBG - 25 - 007

PROYECTO : Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025

SOLICITANTE : Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN: A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA: Cantera Arunta Velasquez
ENSAYADO EN: Laboratorio de Ingeservicios Sac

FECHA DE RECEPCIÓN: 7 de Mayo de 2025
FECHA DE EJECUCIÓN: 12 de Mayo de 2025
FECHA DE EMISIÓN: 14 de Mayo de 2025

Material: Agregado grueso
Datos adicionales: Procedimiento por apisonado para el PUC.

DATOS DEL MOLDE

W. Molde (g): 8659 Alto (cm): 26,65 Diametro (cm): 19,59 **Volumen (cc):** 8032,597

PESO UNITARIO SUELTO

ITEM	MUESTRAS		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
W.Suelo + Molde (g)	19281	19130	19234
W.Suelo (g)	10622	10471	10575
Peso Unitario (g/cc)	1,322	1,304	1,317
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)		**1,314**	

PESO UNITARIO COMPACTADO

ITEM	MUESTRAS		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
W.Suelo + Molde (g)	20488	20680	20675
W.Suelo (g)	11829	12021	12016
Peso Unitario (g/cc)	1,473	1,497	1,496
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)		**1,488**	

RESULTADOS
Peso Unitario Suelto (g/cc)
1,314
Peso Unitario Compactado (g/cc)
1,488

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP N° 92536
JEFE DE LABORATORIO

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL — Pagina: 1 de 1

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NTP. 400.017

INFORME N°:	TU - UNJBG - 25 - 006		
PROYECTO :	Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
SOLICITANTE :	Flores Cuéllar Alexánder Fernando		
DIRECCIÓN:	A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna		
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	**FECHA DE RECEPCIÓN:**	7 de Mayo de 2025
MUESTRA:	Cantera Arunta Velasquez	**FECHA DE EJECUCIÓN:**	12 de Mayo de 2025
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios Sac	**FECHA DE EMISIÓN:**	14 de Mayo de 2025

Material: Agregado fino
Datos adicionales: Procedimiento por apisonado para el PUC.

DATOS DEL MOLDE

W. Molde (g): 1756 Alto (cm): 15,01 Diametro (cm): 15,45 **Volumen (cc):** 2814,022

PESO UNITARIO SUELTO

ITEM	MUESTRAS		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
W.Suelo + Molde (g)	6567	6606	6611
W.Suelo (g)	4811	4850	4855
Peso Unitario (g/cc)	1,710	1,724	1,725
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)		**1,719**	

PESO UNITARIO COMPACTADO

ITEM	MUESTRAS		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
W.Suelo + Molde (g)	6909	6930	6934
W.Suelo (g)	5153	5174	5178
Peso Unitario (g/cc)	1,831	1,839	1,840
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)		**1,837**	

RESULTADOS
Peso Unitario Suelto (g/cc)
1,719
Peso Unitario Compactado (g/cc)
1,837

Observación:
- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

REPORTE DE CÁLCULO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y EN MASA (ACI PRC-211.1)

INFORME N°: TU - UNJBG - 25 - 008

PROYECTO : Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F´c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025

SOLICITANTE : Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN : A.H. Asoc. V. Residencial El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA : Cantera Arunta Velasquez - Diseño de mezcla de concreto f'c = 210 kg/cm2
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios Sac

FECHA DE EMISIÓN: 14 de Mayo de 2025

MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Propiedades Físicas de los agregados	Ag. Fino	Ag. Grueso	Norma
Peso Especifico (g/cc)	2,659	2,667	NTP 400.022
Absorción (%)	0,997	1,012	NTP 400.021
Peso Unitario Suelto (g/cc)	1,719	1,314	NTP 400.017
Peso unitario Compactado (g/cc)	1,837	1,488	
Contenido de Humedad (%)	1,733	0,285	NTP. 339.185
Modulo de fineza	3,07	Huso 6	
Tamaño máximo	3/8"	1"	NTP 400.012
Tamaño máximo nominal	N° 4	1/2"	

Cemento (NTP 334.009 - NTP 334.090 - NTP 334.082)		
Tipo de cemento:	MAX HS	Efectividad (%)
P. Espec. (g/cc):	2,75	100,00
Agua (NTP 339.088)		
Tipo de agua:		Potable
Peso Especifico (g/cc):		1,000
Tipos de Slump		
1" @ 2" (Seco)		4" @ 6" (Semifluido)
3" @ 4" (Plástico)		6" @ 7" (Fluido)

ADITIVOS

Tipo de aditivo:	Mucílago de penca de tuna	Densidad (g/cc):	1,01	Dosificación (%):	0,00	Reduce agua (%):	0,00
Tipo de aditivo:	-	Densidad (g/cc):	-	Dosificación (%):	-		
Tipo de aditivo:	-	Densidad (g/cc):	-	Dosificación (%):	-		

PARAMETROS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

Slump	3 @ 4	F´c (kg/cm2):	210
Agua	216	Relacion Agua/Cemento	0,547
Aire	2,50	Vol. Agregado grueso	0,523

VOLUMEN Y PESO DE LOS MATERIALES

Materiales	Volumen absoluto (Seco) (m3)	Peso absoluto (Seco) (kg)	Corrección por humedad (m3)	Corrección por absorción (m3)	Correc. Humedad - absorción (m3)
Agregado Grueso	0,29	778,22	780,44	-0,01	-5,67
Agregado Fino	0,32	860,48	875,39	0,01	6,44
Cemento	0,14	394,88	-	-	-
Agua	0,22	216,00	-	-	-
Aire	0,03	-	-	-	-

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI 211)

Materiales	1 m3		1 Bolsa de cemento	
	Peso (kg)	Dosificación	Peso (kg)	Dosificación (pie3)
Agregado Grueso	780,44	47,13%	83,997	1,976
Agregado Fino	875,39	52,87%	94,216	2,217
Cemento Tipo MAX HS	394,88	9,29 Bls	42,500	1 Bls
Agua	215,23	215,23 Lts	23,165	23,16 Lts
Agua corregida	215,23	215,23 Lts	23,165	23,16 Lts
Mucílago de penca de tuna	0,00	0 lts	0,000	0 lts
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

OBSERVACIONES

- Los agregados para este diseño de mezcla de concreto son de la Cantera Arunta Velasquez.
- El Diseño de mezcla de concreto son especifico para la obra proporcionada.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

Informes de ensayos resistencia a la compresión del concreto

IngeServicios SAC
Laboratorio de suelos,concreto y pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería
Garantía en eficiencia y seguridad

PRP-06-01R/Abril 2023/Rev.03 | **INFORME DE ENSAYO** | Pagina: 1 de 1 | Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2355
DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuellar Alexander Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especimenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 26 de Agosto de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:31 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 19.6°C
Humedad relativa: 53%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	0% - 1	2025-630-E01	Mezcla patron 0%	25/08/2025
Especimen N°2:	0% - 2	2025-630-E02	Mezcla patron 0%	25/08/2025
Especimen N°3:	0% - 3	2025-630-E03	Mezcla patron 0%	25/08/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

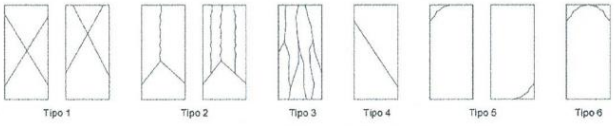
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-630-E01	2025-630-E02	2025-630-E03	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	25/08/2025	25/08/2025	25/08/2025	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,47	101,02	99,18	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204,33	204,04	199,85	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7927,98	8015,02	7724,93	-	-	-
Carga Máxima (kN):	159,9	153,1	147,1	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	20,2	19,1	19,0	-	-	-
	(Kg/cm^2)	205,7	194,8	194,2	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:30 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

Dirección: Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Contacto: 052284898 - 955668070
E-mail: info@ingeservicios.com.pe
Web: www.ingeservicios.com.pe
RUC: 20449438834

PRP-06-01R/Abril 2023/Rev.03 | **INFORME DE ENSAYO** | Pagina: 1 de 1 | Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2476

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 2 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 11:46 a. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 23.2°C
Humedad relativa: 51%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	0% - 1	2025-652-E01	Concreto patron 0%	1/09/2025
Especimen N°2:	0% - 2	2025-652-E02	Concreto patron 0%	1/09/2025
Especimen N°3:	0% - 3	2025-652-E03	Concreto patron 0%	1/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

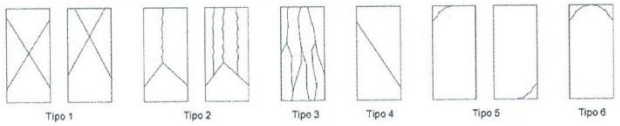
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-652-E01	2025-652-E02	2025-652-E03	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	1/09/2025	1/09/2025	1/09/2025	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	99,41	99,08	99,08	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	199,10	200,85	202,41	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7761,58	7710,13	7710,13	-	-	-
Carga Máxima (kN):	152,4	163,3	166,7	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	19,6	21,2	21,6	-	-	-
	(Kg/cm^2)	200,2	216,0	220,5	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 6	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL C.I.P:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 11:40 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2596

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 16 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:17 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: -
Humedad relativa: -

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	0% - 1	2025-694-E01	Mezcla patron 0%	15/09/2025
Especimen N°2:	0% - 2	2025-694-E02	Mezcla patron 0%	15/09/2025
Especimen N°3:	0% - 3	2025-694-E03	Mezcla patron 0%	15/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

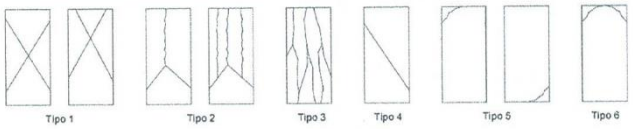
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-694-E01	2025-694-E02	2025-694-E03	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	15/09/2025	15/09/2025	15/09/2025	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,95	99,83	100,44	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204,38	201,81	203,97	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8003,92	7827,30	7923,25	-	-	-
Carga Máxima (kN):	201,5	206,2	198,3	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	25,2	26,3	25,0	-	-	-
	(Kg/cm^2)	256,7	268,6	255,2	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:15 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2356

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 26 de Agosto de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:38 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 19.6°C
Humedad relativa: 53%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	2.5% - 1	2025-630-E04	Mezcla patron +2.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°2:	2.5% - 2	2025-630-E05	Mezcla patron +2.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°3:	2.5% - 3	2025-630-E06	Mezcla patron +2.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

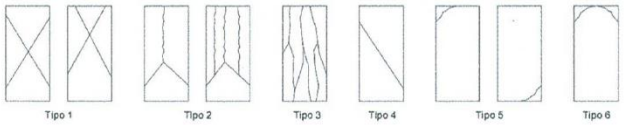
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-630-E04	2025-630-E05	2025-630-E06	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	25/08/2025	25/08/2025	25/08/2025	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	101,20	101,04	100,34	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	203,47	203,85	204,10	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8042,81	8018,19	7906,69	-	-	-
Carga Máxima (kN):	152,4	146,9	153,6	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	18,9	18,3	19,4	-	-	-
	(Kg/cm^2)	193,2	186,8	198,1	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 15:30 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/Abril 2023/Rev.03 | **INFORME DE ENSAYO** | Pagina: 1 de 1 | Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2477

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 2 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 11:54 a. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 23.2°C
Humedad relativa: 51%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	2.5% - 1	2025-652-E04	Muestra patron +2.5% M.P.T	1/09/2025
Especimen N°2:	2.5% - 2	2025-652-E05	Muestra patron +2.5% M.P.T	1/09/2025
Especimen N°3:	2.5% - 3	2025-652-E06	Muestra patron +2.5% M.P.T	1/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

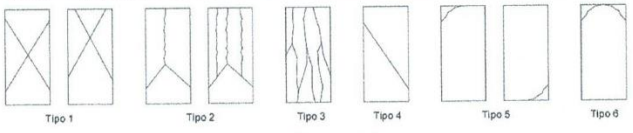
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-652-E04	2025-652-E05	2025-652-E06	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	1/09/2025	1/09/2025	1/09/2025	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	99,74	99,65	99,11	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	199,20	200,54	199,99	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7813,19	7799,10	7714,80	-	-	-
Carga Máxima (kN):	161,6	152,9	158,3	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	20,7	19,6	20,5	-	-	-
	(Kg/cm^2)	210,9	199,9	209,2	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 5	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 11:40 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2597

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 16 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:23 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: -
Humedad relativa: -

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	2.5% - 1	2025-694-E04	Mezcla patron +2.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°2:	2.5% - 2	2025-694-E05	Mezcla patron +2.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°3:	2.5% - 3	2025-694-E06	Mezcla patron +2.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

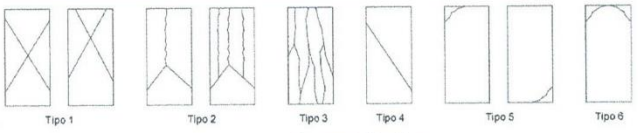
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-694-E04	2025-694-E05	2025-694-E06	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	15/09/2025	15/09/2025	15/09/2025	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	99,25	100,27	99,50	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	199,73	201,55	199,31	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7736,85	7896,45	7774,86	-	-	-
Carga Máxima (kN):	172,1	176,6	182,2	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	22,2	22,4	23,4	-	-	-
	(Kg/cm^2)	226,8	228,1	239,0	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:15 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2357

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuellar Alexander Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especimenes de concreto f'c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 26 de Agosto de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:46 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 19.6°C
Humedad relativa: 53%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	3.5% - 1	2025-630-E07	Mezcla patron +3.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°2:	3.5% - 2	2025-630-E08	Mezcla patron +3.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°3:	3.5% - 3	2025-630-E09	Mezcla patron +3.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

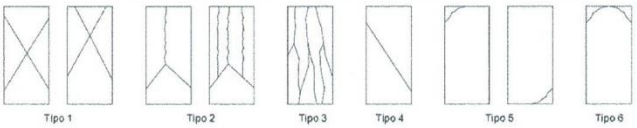
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-630-E07	2025-630-E08	2025-630-E09	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	25/08/2025	25/08/2025	25/08/2025	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	99,15	99,67	98,75	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	200,04	201,67	201,86	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7720,25	7802,23	7658,08	-	-	-
Carga Máxima (kN):	145,6	123,5	138,6	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	18,9	15,8	18,1	-	-	-
	(Kg/cm^2)	192,3	161,4	184,6	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:30 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

IngeServicios SAC
Laboratorio de suelos,concreto y pavimentos

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería
Garantía en eficiencia y seguridad

PRP-06-01R/Abril 2023/Rev.03	INFORME DE ENSAYO	Pagina: 1 de 1
		Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2478

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f'c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 2 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 12:02 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 23.2°C
Humedad relativa: 51%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	3.5% - 1	2025-652-E07	Muestra patron +3.5% M.P.T.	1/09/2025
Especimen N°2:	3.5% - 2	2025-652-E08	Muestra patron +3.5% M.P.T.	1/09/2025
Especimen N°3:	3.5% - 3	2025-652-E09	Muestra patron +3.5% M.P.T.	1/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-652-E07	2025-652-E08	2025-652-E09	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	1/09/2025	1/09/2025	1/09/2025	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	99,13	99,66	99,11	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	201,52	200,67	199,78	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7717,92	7799,88	7714,02	-	-	-
Carga Máxima (kN):	162,1	151,2	149,8	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

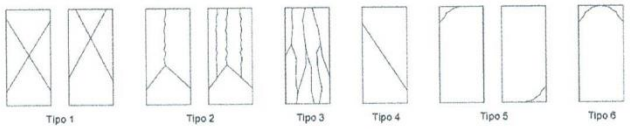
Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	21,0	19,4	19,4	-	-	-
	(Kg/cm^2)	214,2	197,7	198,0	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 5	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Revisado y autorizado por:

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 11:40 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

Dirección: Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Contacto: 052284898 - 955668070
E-mail: info@ingeservicios.com.pe
Web: www.ingeservicios.com.pe
RUC: 20449438834

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2598

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f'c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 16 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:31 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: -
Humedad relativa: -

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	3.5% - 1	2025-694-E07	Mezcla patron +3.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°2:	3.5% - 2	2025-694-E08	Mezcla patron +3.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°3:	3.5% - 3	2025-694-E09	Mezcla patron +3.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

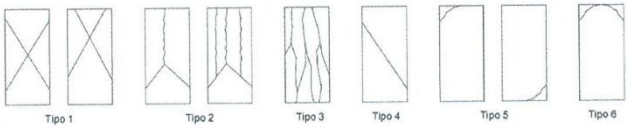
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-694-E07	2025-694-E08	2025-694-E09	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	15/09/2025	15/09/2025	15/09/2025	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	101,04	100,45	101,09	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	203,37	202,86	203,89	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8018,19	7924,83	8026,13	-	-	-
Carga Máxima (kN):	167	162,3	166,8	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA)**	20,8	20,5	20,8	-	-	-
	(Kg/cm^2)	212,4	208,8	211,9	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:

Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING. CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:15 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2358

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuellar Alexander Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 26 de Agosto de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:53 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 19.6°C
Humedad relativa: 53%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	4.5% - 1	2025-630-E10	Muestra patron +4.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°2:	4.5% - 2	2025-630-E11	Muestra patron +4.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°3:	4.5% - 3	2025-630-E12	Muestra patron +4.5% M.P.T	25/08/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

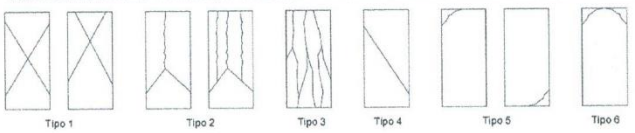
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-630-E10	2025-630-E11	2025-630-E12	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	25/08/2025	25/08/2025	25/08/2025	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,75	101,12	101,05	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	203,70	202,56	203,09	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7972,23	8030,90	8019,78	-	-	-
Carga Máxima (kN):	134,1	141	134,5	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA)**	16,8	17,6	16,8	-	-	-
	(Kg/cm^2)	171,5	179,0	171,0	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 6	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:30 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/Abril 2023/Rev.03 | **INFORME DE ENSAYO** | Pagina: 1 de 1 | Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2479

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 2 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 12:13 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: 23.2°C
Humedad relativa: 51%

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	4.5% - 1	2025-652-E10	Muestra patron +4.5% M.P.T.	1/09/2025
Especimen N°2:	4.5% - 2	2025-652-E11	Muestra patron +4.5% M.P.T.	1/09/2025
Especimen N°3:	4.5% - 3	2025-652-E12	Muestra patron +4.5% M.P.T.	1/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

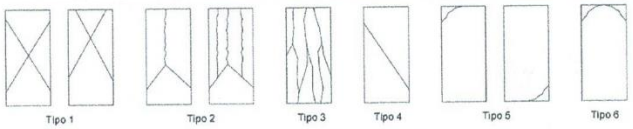
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-652-E10	2025-652-E11	2025-652-E12	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	1/09/2025	1/09/2025	1/09/2025	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	99,39	101,64	99,49	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	198,66	203,70	199,56	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7757,67	8113,70	7773,29	-	-	-
Carga Máxima (kN):	152,8	143,4	142,8	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	19,7	17,7	18,4	-	-	-
	(Kg/cm^2)	200,8	180,2	187,3	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 5	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 11:40 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/Abril 2023/Rev.03 | **INFORME DE ENSAYO** | Pagina: 1 de 1 | Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°: LSCP - 25 - 2599

DIRECCIÓN DE LABORATORIO : Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

PROYECTO (*): Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto F'c = 210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025
SOLICITANTE (*): Flores Cuéllar Alexánder Fernando
DIRECCIÓN (*): A.H. Asoc. V. Residencia El Olivar Mz. A Lt.31 - Tacna - Tacna - Tacna
UBICACIÓN (*) : Tacna - Tacna - Tacna
MUESTRA (*): Especimenes de concreto f´c: 210 kg/cm²
ENSAYADO EN : Laboratorio de Ingeservicios S.A.C

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 16 de Setiembre de 2025

Hora inicio de ensayo: 5:40 p. m.
Dirección de carga: Carga Paralela
Ensayo realizado: TEC.ING-02

Condiciones ambientales
Temperatura ambiente: -
Humedad relativa: -

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Recepción (**)
Especimen N°1:	4.5% - 1	2025-694-E10	Mezcla patron +4.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°2:	4.5% - 2	2025-694-E11	Mezcla patron +4.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°3:	4.5% - 3	2025-694-E12	Mezcla patron +4.5% M.P.T.	15/09/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

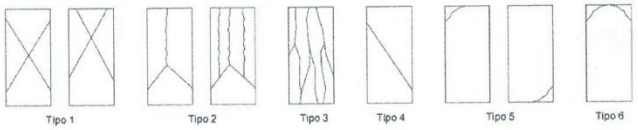
ESPECIMENES N°

	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-694-E10	2025-694-E11	2025-694-E12	-	-	-
Fecha de vaciado (*):	18/08/2025	18/08/2025	18/08/2025	-	-	-
Fecha de rotura (*):	15/09/2025	15/09/2025	15/09/2025	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,55	101,14	100,45	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	203,83	203,81	203,40	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7940,61	8034,07	7924,04	-	-	-
Carga Máxima (kN):	186,6	192,9	189,5	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	(MPA)	23,5	24,0	23,9	-	-	-
	(Kg/cm^2)	239,6	244,8	243,9	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones
(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:

Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio 17:15 Hrs
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3647	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		
Hora inicio de ensayo:	17:30 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	24.4 °C
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	45 %
Recepción de muestra (**):	2025-11-04		
Ejecución de ensayo:	2025-11-04		
Emisión de informe:	2025-11-05		

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	1	2025-1036-E01	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°2:	2	2025-1036-E02	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°3:	3	2025-1036-E03	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

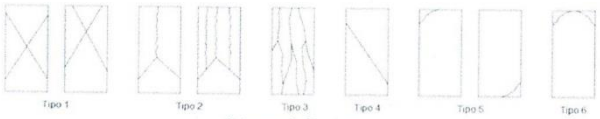
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1036-E01	2025-1036-E02	2025-1036-E03	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	101.26	100.70	101.29	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204.16	204.55	203.91	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8 052.35	7 964.32	8 057.13	-	-	-
Carga Máxima (kN):	158.50	156.70	163.60	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	19.7	19.7	20.3	-	-	-
	(Kg/cm^2):	200.7	200.6	207.1	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 17:30 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1
Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3690	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	11:45 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-07
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	23,8 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-07
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	54 %	**Emisión de informe:**	2025-11-08

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	1	2025-1052-E01	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°2:	2	2025-1052-E02	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°3:	3	2025-1052-E03	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

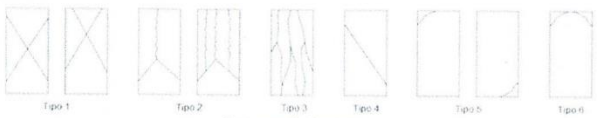
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1052-E01	2025-1052-E02	2025-1052-E03	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	101,05	100,75	101,82	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204,22	204,25	202,65	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8 019,78	7 972,23	8 142,47	-	-	-
Carga Máxima (kN):	178,30	181,70	174,00	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	22,2	22,8	21,4	-	-	-
	(Kg/cm²):	226,7	232,4	217,9	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 11:40 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1
Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3700	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	17:00 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-07
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	23,5 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-07
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	43 %	**Emisión de informe:**	2025-11-08

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	1	2025-1056-E01	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°2:	2	2025-1056-E02	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°3:	3	2025-1056-E03	Muestra patrón + 2.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

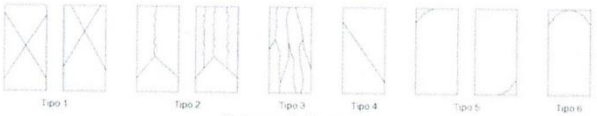
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1056-E01	2025-1056-E02	2025-1056-E03	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,33	100,94	100,28	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	203,69	202,48	202,36	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7 905,90	8 001,54	7 897,24	-	-	-
Carga Máxima (kN):	217,90	231,70	224,10	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	27,6	29,0	28,4	-	-	-
	(Kg/cm^2):	281,1	295,3	289,4	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 16:55 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1

Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3648	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucilago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	17:39 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-04
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	24.4 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-04
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	45 %	**Emisión de informe:**	2025-11-05

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	4	2025-1036-E04	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°2:	5	2025-1036-E05	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°3:	6	2025-1036-E06	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

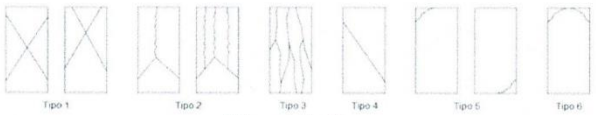
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1036-E04	2025-1036-E05	2025-1036-E06	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	102.16	101.52	101.79	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	202.55	202.48	203.40	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8 196.94	8 094.56	8 136.87	-	-	-
Carga Máxima (kN):	129.20	126.50	131.10	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	15.8	15.6	16.1	-	-	-
	(Kg/cm^2):	160.7	159.4	164.3	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 17:30 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3691	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	11:54 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-07
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	23,8 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-07
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	54 %	**Emisión de informe:**	2025-11-08

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	4	2025-1052-E04	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°2:	5	2025-1052-E05	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°3:	6	2025-1052-E06	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

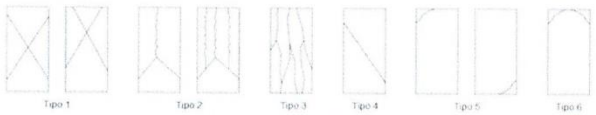
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1052-E04	2025-1052-E05	2025-1052-E06	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,83	102,17	99,86	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204,54	202,05	200,49	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7 984,11	8 197,74	7 832,01	-	-	-
Carga Máxima (kN):	164,60	163,10	165,30	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	20,6	19,9	21,1	-	-	-
	(Kg/cm^2):	210,2	202,9	215,2	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 11:40 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del Informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

IngeServicios SAC
Laboratorio de suelos,concreto y pavimentos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LE - 218

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 218

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1
Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3701	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	17:09 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-07
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	23,5 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-07
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	43 %	**Emisión de informe:**	2025-11-08

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	4	2025-1056-E04	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°2:	5	2025-1056-E05	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°3:	6	2025-1056-E06	Muestra patrón + 3.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

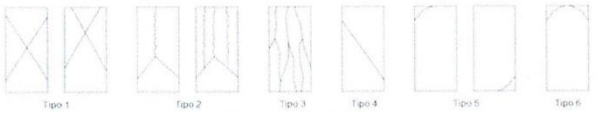
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1056-E04	2025-1056-E05	2025-1056-E06	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	100,51	101,03	101,44	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204,23	204,00	203,25	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	7 934,30	8 015,81	8 081,01	-	-	-
Carga Máxima (kN):	176,80	173,20	174,00	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	22,3	21,6	21,5	-	-	-
	(Kg/cm^2):	227,2	220,3	219,6	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 16:55 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

Dirección: Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique
Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Contacto: 052284898 - 955668070
E-mail: info@ingeservicios.com.pe
Web: www.ingeservicios.com.pe
RUC: 20449438834

IngeServicios SAC
Laboratorio de suelos,concreto y pavimentos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LE - 218

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 218

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1
Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3649	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	17:48 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-04
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	24.4 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-04
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	45 %	**Emisión de informe:**	2025-11-05

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	7	2025-1036-E07	Muestra patrón + 4.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°2:	8	2025-1036-E08	Muestra patrón + 4.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°3:	9	2025-1036-E09	Muestra patrón + 4.5% MPT (Reducción de agua)	28/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

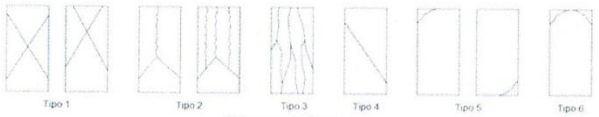
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1036-E07	2025-1036-E08	2025-1036-E09	-	-	-
Edad (días):	7	7	7	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	102.12	102.36	101.97	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	201.06	202.49	202.93	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8 190.52	8 228.26	8 165.68	-	-	-
Carga Máxima (kN):	131.40	128.90	134.20	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	16.0	15.7	16.4	-	-	-
	(Kg/cm^2):	163.6	159.7	167.6	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP 242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 17:30 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

Dirección: Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique
Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Contacto: 052284898 - 955668070
E-mail: info@ingeservicios.com.pe
Web: www.ingeservicios.com.pe
RUC: 20449438834

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1

Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3692	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	12:03 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-07
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	23,8 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-07
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	54 %	**Emisión de informe:**	2025-11-08

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	7	2025-1052-E07	Muestra patrón +4.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°2:	8	2025-1052-E08	Muestra patrón +4.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°3:	9	2025-1052-E09	Muestra patrón +4.5% MPT (Reducción de agua)	24/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

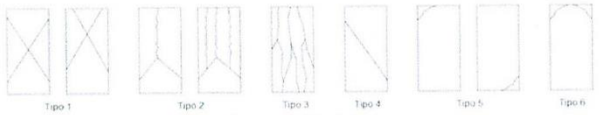
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1052-E07	2025-1052-E08	2025-1052-E09	-	-	-
Edad (días):	14	14	14	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	101,10	101,61	101,21	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	203,51	205,25	203,51	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8 027,72	8 108,92	8 045,20	-	-	-
Carga Máxima (kN):	172,00	180,00	178,70	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	21,4	22,2	22,2	-	-	-
	(Kg/cm^2):	218,5	226,4	226,5	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 3	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL C.I.P:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 11:40 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

IngeServicios SAC
Laboratorio de suelos,concreto y pavimentos

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LE - 218

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N°LE - 218

PRP-06-01R/OCtubre 2025/Rev.04

INFORME DE ENSAYO

Pagina: 1 de 1
Aprobado por: GT

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS - NTP 339.034:2021

INFORME N°:	LSCP - 25 - 3702	**DIRECCIÓN DE LABORATORIO :**	Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
PROYECTO (*):	Efectos de la utilización del mucílago de penca de tuna en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2 en la ciudad de Tacna 2025		
UBICACIÓN (*):	Tacna - Tacna - Tacna	**SOLICITANTE (*):**	Flores Cuellar, Alexander Fernando
MUESTRA (*):	Especímenes de concreto f´c: 210 kg/cm²	**DIRECCIÓN (*):**	A.H. Asoc. V. Residencial el Olivar Mz. A Lt. 31 - Tacna -Tacna - Tacna
ENSAYADO EN:	Laboratorio de Ingeservicios S.A.C		

Hora inicio de ensayo:	17:18 h	**Ensayo realizado por:**	TEC.ING-02	**Recepción de muestra (**):**	2025-11-07
Dirección de carga:	Carga Paralela	**Temperatura ambiente:**	23,5 °C	**Ejecución de ensayo:**	2025-11-07
Datos de muestreo:	Muestreo realizado por el CLIENTE.	**Humedad relativa:**	43 %	**Emisión de informe:**	2025-11-08

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

	Código de cliente (*)	Código de especimen de Lab.	Descripción de especimen	Fecha de Vaciado (*)
Especimen N°1:	7	2025-1056-E07	Muestra patrón + 4.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°2:	8	2025-1056-E08	Muestra patrón + 4.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°3:	9	2025-1056-E09	Muestra patrón + 4.5% MPT (Reducción de agua)	10/10/2025
Especimen N°4:	-	-	-	-
Especimen N°5:	-	-	-	-
Especimen N°6:	-	-	-	-

ESPECIMENES N°

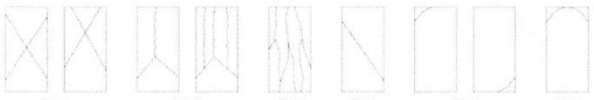
	1	2	3	4	5	6
Código especimen:	2025-1056-E07	2025-1056-E08	2025-1056-E09	-	-	-
Edad (días):	28	28	28	-	-	-
Diámetro ($D_{prom.}$) (mm):	101,41	100,29	100,55	-	-	-
Altura ($H_{prom.}$) (mm):	204,49	204,29	206,65	-	-	-
Área del especimen (mm^2):	8 076,23	7 899,60	7 940,61	-	-	-
Carga Máxima (kN):	217,50	218,60	217,10	-	-	-

REPORTE DE RESULTADOS

Resistencia a la Compresión (F'c)	**(MPA):**	26,9	27,7	27,3	-	-	-
	(Kg/cm^2):	274,6	282,2	278,8	-	-	-
Tipo de Fractura:		Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2	-	-	-

Consideraciones

(*) Datos brindados por el cliente.
(**) Fecha en la que las muestras se internaron en el Laboratorio.



Patrones de Fractura

Revisado y autorizado por:
IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS,CONCRETO Y PAVIMENTOS
Ing. Marco Alfredo Gomez Lupaca
ING.CIVIL CIP:242536
JEFE DE LABORATORIO

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el cliente.
- Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas
- Las muestras fueron recibidas en el laboratorio a las 16:55 h.
- Las muestras se ensayaron utilizando almohadillas de Neopreno como material de obturación.

- FIN DE INFORME -

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Cualquier modificación, cambio y/o alteración presente invalida el documento, reservandonos el derecho de las acciones legales que correspondan.

Dirección: Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique
Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna
Contacto: 052284898 - 955668070
E-mail: info@ingeservicios.com.pe
Web: www.ingeservicios.com.pe
RUC: 20449438834