



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DEL ADITIVO NATURAL Y SU PORCENTAJE PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, TRUJILLO, 2024”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Alfredo Alonso Huapaya Jais

Gustavo Adolfo Marquina Laiza

Asesor:

Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes

<https://orcid.org/0000-0003-2232-6784>

Trujillo - Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Emilio Jose Medrano Sanchez
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	Salvador Jesus Palomino Altez
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	Giann Franco Polo Mendoza
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud



Página 2 of 73 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1:3112721870




18% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 of 73 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1:3112721870

Dedicatoria

En primero lugar, el presente trabajo se le dedico a mis padres y hermanos por el apoyo y las fuerzas que me dieron para salir adelante; y, por último, se le decido a mis amigos por siempre estar a mi lado y espero siempre contar con su valioso e incondicional apoyo.

MARQUINA LAIZA GUSTAVO ADOLFO

En primer lugar, Agradezco a Dios por guiar y bendecir mi camino. A mis padres Ignacio Alfredo Huapaya Preciado e Yovana Jais Chacón por su apoyo incondicional, que hicieron posible todos mis logros en la vida. Al Ing. Melving Luis Rivera Muñoz, por ser nuestro asesor en la elaboración de nuestra tesis y brindarnos todas las herramientas para lograr un buen trabajo

HUAPAYA JAIS ALFREDO ALONSO

Agradecimiento

Quiero agradecer a todos los que hicieron posible este trabajo, especialmente al Ing. Luis A. Alva Reyes, asesor de la presente tesis; con su constante apoyo y estímulo constante en la búsqueda de conocimientos e formación relevante, ha hecho posible que nos brinde la orientación adecuada para la mejor orientación para este trabajo.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice de Figuras.....	8
Resumen	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Realidad problemática	10
1.2 Formulación del problema.....	27
1.2.1 Problema General:	27
1.2.2 Problemas específicos:.....	27
1.3 Objetivos.....	27
1.3.1 Objetivo General:.....	27
1.3.2 Objetivos específicos:	27
1.4 Hipótesis	28
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	29
2.1 Tipo, Enfoque y diseño de investigación.....	29
2.1.1 Tipo de investigación.....	29
2.1.2 Enfoque de investigación.....	29
2.1.3 Diseño de investigación	30
2.2 Variables	31
2.2.1 Variables independientes	31
2.2.2 Variable dependiente	31
2.3 Población y muestra.....	32
2.3.1 Población	32

2.3.2 Muestra	32
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	32
2.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	32
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos	33
2.4.3 Procedimientos de recolección de datos	33
2.4.4 Análisis de datos	35
2.5 Aspectos éticos	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS	38
3.1. OE1: analizar la variación de la densidad de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024.....	38
3.2. OE2: analizar la variación de la absorción de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024.....	39
3.3. OE3: analizar la variación de la resistencia a la compresión de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024	41
3.4. OG: determinar el aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024	42
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	44
4.1. Discusión	44
4.2. Limitaciones	47
4.3. Implicancias	47
4.4. Conclusiones.....	48
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	53

Índice de Figuras

Figura 1 Densidad respecto al aditivo natural y su porcentaje	35
Figura 2 Absorción respecto al aditivo natural y su porcentaje	36
Figura 3 Resistencia a la compresión respecto al aditivo natural y su porcentaje.....	38
Figura 4 Propiedades del concreto respecto al aditivo natural y su porcentaje.....	39

Resumen

El presente estudio titulado “Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024” tuvo como objetivo determinar cuál es el aditivo natural, entre mucílago de tuna y sábila, y el porcentaje que optimiza las propiedades del concreto, enfocándose en densidad, absorción y resistencia a la compresión. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño cuasi-experimental y un tipo de investigación aplicada y experimental. La población incluyó concretos con y sin aditivos naturales, mientras que la muestra estuvo constituida por 105 probetas de concreto preparadas en laboratorio, evaluadas con porcentajes de adición de mucílago de 5%, 10% y 15%. Los resultados revelaron que el mucílago de tuna, al 10%, optimizó las propiedades del concreto, logrando una resistencia a la compresión de 276 kg/cm² y reduciendo la absorción a 1.77%, superando al mucílago de sábila en estos parámetros. La densidad, aunque disminuyó ligeramente, se mantuvo dentro de valores estructuralmente aceptables. Las conclusiones confirman que el mucílago de tuna al 10% es la mejor alternativa natural, destacando su impacto positivo en el desarrollo de materiales sostenibles para la construcción, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al fomentar la innovación y la sostenibilidad en la industria.

Palabras clave: mucílago, sábila, tuna, concreto

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La problemática del uso de materiales en la industria de la construcción es un desafío global que afecta tanto a la sostenibilidad ambiental como al rendimiento de los materiales convencionales. El concreto, como uno de los materiales más utilizados en el mundo, genera importantes impactos ambientales debido a la extracción de recursos naturales y la emisión de dióxido de carbono durante su producción. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022), la industria del cemento representa aproximadamente el 8% de las emisiones globales de CO₂, lo que exige soluciones innovadoras para mitigar estos efectos. En este contexto, los aditivos naturales emergen como una alternativa viable para mejorar las propiedades del concreto, reducir su impacto ambiental y promover prácticas de construcción sostenibles.

En Latinoamérica, la construcción es un sector en constante crecimiento que enfrenta retos en términos de eficiencia y sostenibilidad. Estudios recientes destacan que la región consume un volumen significativo de materiales de construcción, lo que contribuye al agotamiento de los recursos naturales y a la generación de residuos (García-Gusano et al., 2021). Sin embargo, los avances en el uso de materiales alternativos y aditivos naturales, como mucílago de plantas, son limitados. La falta de investigación aplicada sobre estos componentes ha frenado su implementación a gran escala, perpetuando el uso de soluciones menos sostenibles.

En Perú, la industria de la construcción es fundamental para el desarrollo económico, pero enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad de los materiales y la adaptación a nuevas tecnologías. Según el Instituto Nacional de Estadística e

Informática (INEI, 2023), el crecimiento urbano en ciudades como Lima y Trujillo ha incrementado la demanda de concreto. Sin embargo, este crecimiento no ha ido acompañado de soluciones innovadoras que incorporen aditivos naturales para optimizar las propiedades del material, como la resistencia a la compresión y la absorción. Esto subraya la necesidad de desarrollar alternativas más sostenibles y eficientes.

En Trujillo, una ciudad emblemática por su desarrollo urbano, la problemática adquiere una dimensión específica. La alta demanda de materiales de construcción plantea desafíos significativos en términos de calidad y sostenibilidad del concreto utilizado en obras locales. Estudios recientes han indicado que, a pesar de los avances en la construcción, no se han explorado ampliamente los beneficios de incorporar mucílago de sábila o de tuna como aditivos naturales en el concreto. Esto representa una oportunidad para evaluar su impacto en propiedades como la resistencia, la densidad y la absorción del material (Fernández et al., 2023).

La investigación propuesta busca contribuir al Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, que promueve ciudades y comunidades sostenibles, y al ODS 9, relacionado con la innovación y la infraestructura sostenible. El objetivo es determinar el aditivo natural y su porcentaje óptimo para mejorar las propiedades del concreto, reduciendo su impacto ambiental y mejorando su desempeño. Este enfoque responde a la necesidad de transitar hacia prácticas más sostenibles en la construcción, integrando recursos naturales en procesos industriales.

En conclusión, la investigación plantea una solución innovadora y viable para enfrentar los desafíos de sostenibilidad y calidad en la construcción. La incorporación de mucílago de sábila y tuna no solo tiene el potencial de mejorar las propiedades mecánicas del concreto, sino también de reducir su huella ecológica. Este estudio es crucial para

impulsar avances en el sector y para demostrar la viabilidad de utilizar recursos naturales en aplicaciones prácticas, beneficiando tanto al medio ambiente como a la industria

A la vez fueron necesario revisar los estudios previos con el fin de obtener mayores alcances referentes a la metodología, variables y demás temas relevantes para la investigación, por ejemplo, se tiene a Souza et al. (2024) quienes escribieron el artículo titulado "Opuntia ficus-indica mucilage: A sustainable bio-additive for cementitious materials". Este estudio tuvo como objetivo evaluar el mucílago de *Opuntia ficus-indica* como un bioaditivo sostenible en materiales cementantes, analizando su efecto en la consistencia, resistencia y absorción de agua de microconcretos, así como su influencia microestructural en pastas de cemento. La metodología incluyó la extracción de mucílago con una relación 1:3 cactus/agua, reemplazando del 0 al 100% del agua de mezcla. Se realizaron pruebas de consistencia, resistencia a compresión a diferentes edades, absorción de agua y análisis microestructurales mediante difracción de rayos X, porosimetría de intrusión de mercurio, FTIR y análisis termogravimétrico. Los resultados mostraron un aumento de hasta un 17% en la resistencia a compresión con un reemplazo del 10%, sin efectos negativos significativos tras 180 días, además de una mejora en la retención de agua y una mayor consistencia en estado fresco. El estudio concluyó que el mucílago es una alternativa sostenible, económica y efectiva para desarrollar concretos ecológicos, comparable en propiedades a materiales tradicionales. Este aporte destaca la viabilidad de utilizar bioaditivos naturales en sistemas cementantes, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y la optimización de las propiedades mecánicas del concreto.

León-Martínez y Cano-Barrita (2024) escribieron el review "*Cactus mucilage: A review of its rheological and physicochemical properties and use as bio-admixture in building materials*" el cual tuvo como objetivo revisar las propiedades fisicoquímicas y

reológicas del mucílago de cactus, específicamente de *Opuntia ficus-indica*, y evaluar su uso como bioaditivo en materiales de construcción, incluyendo morteros de cal, bloques de tierra compactada y materiales basados en cemento Portland. La metodología incluyó un análisis exhaustivo de literatura para identificar los efectos del mucílago en propiedades como resistencia mecánica, reología y durabilidad, destacando que su química varía según métodos de extracción y condiciones ambientales. Los resultados indicaron que el mucílago mejora la trabajabilidad, reduce la absorción de agua, retrasa los tiempos de fraguado y aumenta la resistencia mecánica, especialmente en materiales como morteros hidráulicos y de tierra. Concluyeron que el mucílago es un aditivo sostenible con potencial para reducir el impacto ambiental y optimizar las propiedades de los materiales de construcción. Este aporte es crucial para la tesis, ya que ofrece evidencia científica sobre el impacto positivo del mucílago en propiedades mecánicas y de durabilidad en sistemas cementantes.

León-Martínez et al. (2024) en el artículo titulado "Study of nopal mucilage and marine brown algae extract as viscosity-enhancing admixtures for cement-based materials" tuvo como objetivo evaluar las propiedades reológicas y el comportamiento de mezclas de concreto autocompactable utilizando mucílago de nopal y extracto de algas pardas como aditivos para mejorar la viscosidad, en comparación con un aditivo comercial. La metodología incluyó pruebas reológicas en pastas de cemento y morteros bajo ensayos de cizalladura rotacional y oscilatoria, así como la preparación de mezclas preliminares de concreto autocompactable con diferentes concentraciones de los aditivos naturales y comerciales. Los resultados mostraron que los nuevos aditivos aumentaron significativamente la viscosidad y la tensión de cedencia de las pastas y morteros, siendo más efectivo el extracto de algas pardas en términos de cohesión y estabilidad. En

conclusión, se demostró que los aditivos de origen natural, como el mucílago de nopal, tienen potencial para reemplazar a los comerciales, reduciendo costos y promoviendo la sostenibilidad. Este estudio aporta evidencia clave sobre el uso de mucílagos naturales en materiales de construcción y su impacto positivo en las propiedades del concreto fresco y endurecido, lo cual es relevante para el tema de la tesis

Guevara Cárdenas (2023) en su tesis titulada "Uso del mucílago de nopal para mejorar las propiedades mecánicas del concreto" buscó analizar cómo la adición de mucílago de nopal influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con resistencias $f_c=210$ y 280 kg/cm². La metodología incluyó la sustitución del agua con porcentajes de mucílago (5%, 10%, 15%, y 20%), realizando ensayos de resistencia a compresión, tracción, flexión, módulo de elasticidad, trabajabilidad y otras propiedades físicas. Los resultados mostraron que la adición del 10% de mucílago incrementó significativamente la resistencia a compresión (4.87%), flexión (12.79%), y módulo elástico (4.35%), mientras que un 5% mejoró la resistencia a tracción (6.69%). Concluyeron que el mucílago de nopal mejora las propiedades mecánicas del concreto hasta un nivel de reemplazo óptimo del 10% del agua. Este estudio aporta evidencia concreta sobre el impacto positivo del mucílago como aditivo sostenible y económico para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, validando la investigación propuesta.

Lorika et al. (2023) en el artículo "*Evaluating the use of mucilage from Opuntia ficus-indica as a bio-additive in production of sustainable concrete*" buscaron evaluar el impacto del mucílago de *Opuntia ficus-indica* en las propiedades mecánicas, la durabilidad y el impacto ambiental del concreto al reemplazar un porcentaje de agua de mezcla por este bioaditivo. La metodología incluyó pruebas conforme a normas ASTM

en mezclas de concreto con diferentes porcentajes de mucílago (15%, 25% y 50%) y análisis microestructurales mediante SEM y FTIR, además de una evaluación comparativa del ciclo de vida para cuantificar los beneficios ambientales. Los resultados revelaron que un reemplazo del 15% mejoró la resistencia a la compresión en un 20.4%, redujo la absorción de agua hasta un 39% y disminuyó las emisiones de CO₂ en un 9.6%. También se observó que el mucílago promovió una microestructura más homogénea y mejoró la resistencia al congelamiento y deshielo. Se concluyó que el uso del mucílago es una alternativa viable para reducir el impacto ambiental del concreto y mejorar su durabilidad sin comprometer sus propiedades mecánicas. Este estudio respalda la investigación propuesta al demostrar el potencial de los bioaditivos naturales en la mejora de las propiedades del concreto.

Puntillo Suárez y Valverde Agama (2023) desarrollaron la tesis "Influencia del mucílago de tuna en las propiedades del concreto 210kg/cm², Carhuaz 2023" la cual tuvo como objetivo determinar la influencia del mucílago de tuna en las propiedades del concreto al sustituir porcentajes de agua con mucílago (2%, 5%, y 8%) y evaluar su efecto en la resistencia a la compresión, consistencia y absorción. Se emplearon 48 probetas de concreto (36 para resistencia a compresión y 12 para absorción). Los resultados mostraron que la adición de 5% de mucílago incrementó la resistencia a compresión en un 14.5% (311.17 kg/cm²) y que la sustitución del 8% redujo la absorción en un 17.41% (3.95%). Se concluyó que el mucílago de tuna mejora las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto, destacando el porcentaje de 5% como el más eficiente. Este aporte es relevante para la tesis, ya que proporciona evidencia de cómo un aditivo natural puede optimizar el rendimiento del concreto y fomenta el uso de materiales sostenibles.

Reyes Rivera y Segura Terrones (2022) en la tesis "Diseño de pavimento rígido incorporando mucílago de aloe vera (sábila) en la Avenida Jorge Chávez, Santiago de Surco - 2022" tuvieron como objetivo determinar cómo la adición de mucílago de aloe vera influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en pavimentos rígidos, evaluando su resistencia a compresión, flexión, trabajabilidad y densidad con dosificaciones de 1%, 2%, 3% y 4%. La metodología consistió en el diseño experimental con 45 probetas y 15 vigas sometidas a ensayos conforme a normas ASTM y NTP. Los resultados mostraron que el 2% de mucílago incrementó la resistencia a compresión en un 26.35% y a flexión en un 25.07%, además de mejorar la trabajabilidad. La conclusión resalta que el mucílago de aloe vera es un aditivo sostenible que mejora significativamente las propiedades del concreto, reduciendo el espesor del pavimento en un 5.63%, lo que implica beneficios económicos y ambientales.

Paredes Castro (2022) realizó la tesis *"Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"* donde analizó cómo la incorporación del mucílago de nopal influye en las propiedades mecánicas, trabajabilidad y durabilidad del concreto. La metodología incluyó la adición de diferentes porcentajes de mucílago de nopal (1%, 2%, y 3%) al concreto, evaluando parámetros como asentamiento, resistencia a compresión, tracción, flexión y permeabilidad. Los resultados indicaron que el 2% de mucílago mejoró significativamente la resistencia a la compresión en un 15%, mientras que también redujo la permeabilidad capilar. Se concluyó que el mucílago de nopal actúa como un aditivo sostenible que mejora tanto las propiedades mecánicas como de durabilidad del concreto, sin afectar negativamente su trabajabilidad. Este aporte respalda el desarrollo de la tesis,

dado que valida el uso de biopolímeros naturales para optimizar el rendimiento del concreto en términos de resistencia y sostenibilidad

Murugappan y Muthadhi (2022) escribieron el review "Studies on the influence of alginate as a natural polymer in mechanical and long-lasting properties of concrete – A review" el que tuvo como objetivo evaluar el efecto del alginato, un biopolímero derivado de algas pardas marinas, sobre las propiedades mecánicas, de durabilidad y reológicas del concreto. La metodología se centró en revisar investigaciones sobre el uso del alginato en mezclas cementantes y su impacto en características como trabajabilidad, resistencia a compresión y flexión, absorción de agua, densidad y propiedades térmicas. Los resultados mostraron que la adición de alginato, en porcentajes óptimos, mejora la resistencia a compresión hasta en un 20%, actúa como agente auto-curante, reduce la absorción de agua y la difusión de iones cloruro, y aumenta la durabilidad del concreto, especialmente bajo condiciones de exposición agresivas. Concluyeron que el alginato es un aditivo sostenible y eficaz para optimizar las propiedades del concreto, además de ser económico y ecológico en comparación con polímeros sintéticos. Este estudio aporta un marco teórico sólido para el uso de aditivos naturales, como mucílago de sábila o tuna, en la mejora de las propiedades del concreto.

Torres-Acosta y Díaz-Cruz (2020) escribieron el artículo titulado "*Concrete durability enhancement from nopal (Opuntia ficus-indica) additions*" el cual tuvo como objetivo evaluar el impacto de derivados de nopal, como mucílago exudado, mucílago cocido y polvo deshidratado, sobre la durabilidad del concreto. La metodología incluyó la fabricación de cilindros de concreto con diferentes concentraciones de estos derivados (4%, 8%, 15%, y 30% para los mucílagos, y 1%, 2%, y 4% para el polvo), que fueron sometidos a pruebas de resistencia a compresión, permeabilidad a cloruros, resistividad

eléctrica y análisis microestructurales mediante SEM. Los resultados mostraron que el mucílago cocido mejoró significativamente la durabilidad del concreto, con reducciones de hasta un 40% en la permeabilidad a cloruros y un aumento en la resistividad eléctrica, además de formar estructuras tipo esponja en los poros del cemento que limitaron el transporte de agua y cloruros. Se concluyó que los derivados del nopal actúan como biopolímeros sostenibles que mejoran las propiedades del concreto sin afectar negativamente su resistencia mecánica. Este aporte es relevante para la tesis, ya que valida el uso de aditivos naturales para optimizar la durabilidad y sostenibilidad de los materiales cementantes.

Quispe Granda (2021) en su investigación *"Efectos del aloe-vera y mucílago de nopal en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto F'C 280kg/cm²"* buscó determinar los efectos de la incorporación de aloe vera y mucílago de nopal en las propiedades mecánicas y de permeabilidad del concreto con una resistencia a la compresión de diseño de 280 kg/cm². La metodología se basó en un diseño experimental, utilizando porcentajes de adición de 0.5%, 1% y 1.5% para el aloe vera, y 5%, 10% y 15% para el mucílago de nopal, evaluando probetas bajo normas ASTM y NTP. Los resultados mostraron que la adición de 15% de mucílago de nopal incrementó la resistencia a la compresión a 289.03 kg/cm² y mejoró la impermeabilidad, mientras que el 1.5% de aloe vera alcanzó una resistencia de 281.37 kg/cm² con una permeabilidad reducida. La conclusión indicó que ambos aditivos mejoran significativamente las propiedades del concreto, recomendando explorar dosis mayores para optimizar resultados. Este estudio aporta una base técnica y práctica relevante, alineada con el objetivo de la tesis al explorar aditivos naturales y sus efectos en el concreto.

Shanmugavel et al. (2020) desarrollaron el artículo titulado "Interaction of a viscous biopolymer from cactus extract with cement paste to produce sustainable concrete" donde buscaron evaluar el efecto de un biopolímero viscoso extraído del cactus (*Opuntia ficus indica*) sobre las propiedades frescas, mecánicas, de durabilidad y microestructurales del concreto. La metodología incluyó la preparación de mezclas de concreto con extracto de cactus en concentraciones del 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, junto con un control sin aditivos, realizando pruebas de resistencia a la compresión, flexión, durabilidad frente a ácidos y sulfatos, además de análisis microestructural mediante FTIR, TGA y difracción de rayos X. Los resultados evidenciaron que el extracto aumentó la retención de agua y la trabajabilidad del concreto, mejoró la resistencia a compresión y flexión después de 28 días, y mostró mayor durabilidad al reducir la penetración de cloruros y aumentar la resistencia al ataque químico. Se concluyó que los polisacáridos y proteínas del mucílago contribuyen a estas mejoras, destacando su potencial como aditivo natural, sostenible y económico para la fabricación de concretos ecológicos. Este estudio aporta evidencia clave sobre el uso de extractos naturales en el concreto, alineándose con la tesis al explorar aditivos naturales y sus impactos en las propiedades mecánicas y de durabilidad del material.

Guillen Aparicio et al. (2019) en su artículo "Study of the properties of the Echerhirhu-Block made with *Opuntia ficus* mucilage for use in the construction industry" buscaron desarrollar un material ecológico para sustituir parcial o totalmente a los ladrillos convencionales utilizando mucílago de *Opuntia ficus* como aglutinante. Se aplicó una metodología experimental que incluyó la formulación de mezclas con suelo, papel reciclado, cal y mucílago, seguidas de pruebas de resistencia a compresión, absorción de agua y densidad. Los resultados mostraron que la mezcla óptima presentó

una resistencia a compresión de 76 kg/cm², superior a los ladrillos convencionales no estructurales (60 kg/cm²), una reducción del 17% en la absorción de agua y un peso hasta un 25% menor. Se concluyó que el Echerhirhu-Block tiene ventajas mecánicas y medioambientales, destacando su competitividad frente a materiales convencionales al no requerir cocción, lo que disminuye la emisión de CO₂. Este estudio aporta evidencia sobre el uso de mucílagos naturales en materiales de construcción, alineándose con el propósito de evaluar aditivos naturales como el mucílago de sábila y tuna para mejorar las propiedades del concreto en la investigación propuesta

Oloya Pérez y Ponce Mendoza (2019) desarrollaron su tesis de pregrado titulada "Influencia del uso del mucílago de cactus *Echinopsis pachanoi* como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo" donde tuvieron como objetivo analizar cómo el mucílago de cactus influye en las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto, evaluando resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad mediante la adición de 0.5%, 1% y 1.5% de mucílago en peso de cemento. La metodología incluyó la caracterización de materiales, el diseño de mezclas con $f_c=210$ kg/cm² según ACI 211.1 y ensayos en estado fresco y endurecido. Los resultados revelaron que el 1.5% de mucílago aumentó la resistencia a compresión hasta 384 kg/cm² a los 28 días y redujo la permeabilidad a 0 mm, demostrando ser óptimo. Se concluyó que el mucílago de cactus es un aditivo natural eficaz que mejora las propiedades del concreto, recomendado especialmente para losas y pavimentos por sus beneficios sociales, económicos y ambientales. Este estudio aporta datos fundamentales sobre proporciones óptimas y efectos positivos del mucílago, sirviendo como base directa para la tesis propuesta.

Otro factor importante aparte de la revisión de antecedentes es la de revisar los conceptos básicos referentes a las variables que hicieron posible la elaboración del estudio, es así que tenemos el *mucílago*, es una sustancia viscosa y gelatinosa compuesta principalmente por polisacáridos, que se encuentra en diversas plantas como el nopal (*Opuntia ficus-indica*) y el aloe vera. Este biopolímero ha despertado interés en el ámbito de la construcción debido a sus propiedades adhesivas, retención de agua y capacidad para modificar la reología de materiales cementantes. Según Gherghel et al. (2020), el mucílago puede actuar como un aditivo sostenible al mejorar la trabajabilidad del concreto, reducir la permeabilidad y aumentar su resistencia a compresión. Además, contiene compuestos bioactivos que favorecen interacciones químicas con el cemento, optimizando la microestructura del material endurecido. Su extracción es económica y tiene un bajo impacto ambiental, lo que lo convierte en una alternativa viable frente a aditivos sintéticos. Estudios recientes han demostrado que el mucílago, al ser incorporado en proporciones óptimas, puede potenciar la durabilidad y propiedades mecánicas del concreto, haciendo que este sea más resistente y sostenible. Este enfoque no solo responde a la necesidad de innovar en materiales de construcción, sino que también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la infraestructura y la sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, la *sábila* (*Aloe vera*) es una planta ampliamente conocida por sus propiedades medicinales, pero su potencial en el ámbito de los materiales de construcción ha sido explorado recientemente. Su gel, rico en polisacáridos y compuestos bioactivos, puede actuar como un aditivo natural para el concreto debido a su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas y de durabilidad del material. Según Gupta et al. (2021), la incorporación de gel de sábila en mezclas de concreto mejora la trabajabilidad,

incrementa la resistencia a compresión y reduce la permeabilidad al agua. Estos beneficios se deben a la formación de una matriz más densa y homogénea, atribuida a las interacciones químicas entre los polisacáridos del gel y los compuestos del cemento. Además, su capacidad para retener agua contribuye a un mejor curado interno, reduciendo las microfisuras en el concreto endurecido. El uso de sábila como aditivo también presenta ventajas medioambientales, ya que es un recurso renovable, biodegradable y de bajo costo, alineándose con las estrategias de sostenibilidad en la construcción. Estos hallazgos destacan el potencial de la sábila como una alternativa ecológica y efectiva para mejorar las propiedades del concreto, reduciendo su impacto ambiental y promoviendo prácticas de construcción sostenible.

En el caso del *nopal* (*Opuntia ficus-indica*), conocido como tuna en diversas regiones, es una planta suculenta cuyas propiedades han sido ampliamente estudiadas en el ámbito de la construcción sostenible debido al mucílago presente en sus cladodios. Este biopolímero, compuesto principalmente por polisacáridos, presenta características que mejoran significativamente las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. Según Salazar et al. (2020), el mucílago extraído del nopal, utilizado como aditivo en mezclas cementantes, incrementa la resistencia a compresión, reduce la permeabilidad y mejora la cohesión en estado fresco. Estas mejoras se atribuyen a las propiedades viscosas del mucílago, que actúa como agente cohesivo en la matriz del concreto, favoreciendo una microestructura más homogénea y densa. Además, el nopal es una fuente renovable y de bajo costo, lo que lo convierte en una opción viable para reducir el impacto ambiental de los materiales de construcción. Su uso no solo promueve prácticas de sostenibilidad al emplear recursos naturales, sino que también mejora el rendimiento del concreto en

condiciones agresivas, como la exposición a cloruros y sulfatos. Esto lo posiciona como un aditivo natural prometedor en la industria de la construcción moderna.

La *resistencia a la compresión* es una de las propiedades mecánicas más importantes del concreto, ya que determina su capacidad para soportar cargas sin fallar. Este parámetro, definido como la máxima carga que un material puede resistir antes de fracturarse, es fundamental para el diseño estructural y la seguridad de las edificaciones. Según Zhang et al. (2021), la resistencia a la compresión está directamente influenciada por factores como la calidad y proporción de los materiales, la relación agua-cemento y las condiciones de curado. El concreto con mayor resistencia a compresión presenta una matriz más densa y homogénea, lo que mejora su durabilidad y comportamiento frente a agentes agresivos como cloruros y sulfatos. En investigaciones recientes, se ha demostrado que la incorporación de aditivos naturales, como el mucílago de plantas, puede optimizar esta propiedad al mejorar la hidratación del cemento y la microestructura del material endurecido. Estos avances no solo promueven el desarrollo de concretos más sostenibles, sino que también contribuyen a la reducción de costos y emisiones de carbono, alineándose con las tendencias actuales en la industria de la construcción. La resistencia a la compresión sigue siendo un indicador clave para evaluar y mejorar las prestaciones del concreto en diversas aplicaciones.

Otra propiedad a evaluar fue la *absorción de agua*, esta es una propiedad clave del concreto que refleja su porosidad y capacidad para retener humedad. Este parámetro es crucial para evaluar la durabilidad del material, ya que una alta absorción puede facilitar la penetración de agentes agresivos, como cloruros y sulfatos, que deterioran la matriz del concreto y afectan su vida útil. Según Liu et al. (2021), la absorción está directamente relacionada con la distribución y conectividad de los poros en el concreto,

factores influenciados por la relación agua-cemento, el tipo de agregado y las condiciones de curado. La incorporación de aditivos naturales, como mucílagos vegetales, puede reducir la absorción al formar una microestructura más compacta, mejorando así la resistencia del concreto a la penetración de agua y agentes dañinos. Estudios recientes han demostrado que estas modificaciones también contribuyen a la sostenibilidad, ya que los aditivos naturales son renovables y tienen un impacto ambiental menor en comparación con los productos químicos tradicionales. Reducir la absorción de agua no solo aumenta la durabilidad del concreto, sino que también mejora su desempeño en condiciones extremas, como climas húmedos o salinos, posicionando esta propiedad como un indicador crítico en la evaluación de la calidad del concreto.

Finalmente, la *densidad* del concreto es una propiedad física fundamental que influye en su desempeño estructural y durabilidad. Se define como la masa del material por unidad de volumen y está directamente relacionada con la compacidad de la matriz cementante y la naturaleza de los agregados. Según Chithra et al. (2020), una mayor densidad indica una matriz más compacta, lo que reduce la porosidad y la permeabilidad, mejorando la resistencia del concreto a agentes agresivos como cloruros y sulfatos. La densidad también afecta otras propiedades, como la resistencia a la compresión y la capacidad térmica, siendo crucial en aplicaciones estructurales y de aislamiento. En investigaciones recientes, se ha explorado el uso de aditivos naturales como mucílagos de plantas para optimizar la densidad del concreto. Estos aditivos promueven una mejor hidratación del cemento y una distribución homogénea de los componentes, resultando en una matriz más densa y resistente. Además, el incremento en la densidad contribuye a mejorar la estabilidad del material bajo cargas dinámicas y en condiciones ambientales extremas. La evaluación y mejora de la densidad son esenciales para desarrollar concretos

más sostenibles y duraderos, alineados con los requerimientos modernos de la industria de la construcción.

Se debe tener en cuenta que la investigación se *justifica* desde diversos puntos de vista, por ejemplo, buscó explorar el potencial de los mucílagos de sábila y tuna como aditivos naturales para mejorar las propiedades del concreto, abordando la necesidad de innovaciones tecnológicas en la industria de la construcción. Actualmente, los aditivos sintéticos dominan el mercado, pero presentan desventajas como altos costos y efectos adversos sobre el medio ambiente. Los mucílagos de sábila y tuna, ricos en polisacáridos y compuestos bioactivos, poseen propiedades únicas que podrían mejorar la resistencia a la compresión, la densidad y la absorción del concreto. Esta investigación aportará conocimiento sobre el comportamiento de estos aditivos naturales, lo que permitirá desarrollar mezclas cementantes más eficientes y sostenibles. Además, su implementación podría ser un avance tecnológico significativo al promover el uso de recursos renovables en aplicaciones estructurales, alineándose con las tendencias globales hacia materiales más sostenibles y ambientalmente responsables.

El uso de mucílagos de sábila y tuna como aditivos en concreto ofrece una solución innovadora y sostenible que puede mitigar el impacto ambiental de la industria de la construcción, una de las principales generadoras de emisiones de CO₂. La extracción y el aprovechamiento de estos mucílagos, obtenidos de plantas ampliamente disponibles, tienen un impacto ambiental reducido en comparación con los aditivos sintéticos, contribuyendo a disminuir la huella ecológica del concreto. Además, esta investigación fomenta el uso de recursos locales, beneficiando a comunidades agrícolas que producen sábila y tuna, generando empleo y promoviendo prácticas sostenibles. El estudio también busca crear un material más duradero, lo que reduciría la necesidad de mantenimiento y

la generación de residuos de construcción, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 y 12, relacionados con ciudades sostenibles y consumo responsable.

La investigación tuvo como una de sus finalidades el generar un impacto económico positivo al ofrecer alternativas de bajo costo frente a los aditivos químicos convencionales utilizados en la industria de la construcción. Tanto la sábila como la tuna son recursos abundantes y económicos en regiones como Trujillo, lo que reduce significativamente los costos de producción y transporte de los aditivos. Además, el desarrollo de un concreto más duradero y resistente disminuye los gastos asociados con reparaciones y mantenimiento de las estructuras. La incorporación de aditivos naturales no solo abarata los costos de producción, sino que también tiene el potencial de diversificar los ingresos para las comunidades locales que cultivan estas plantas, fomentando un modelo económico más inclusivo y sostenible. Este enfoque económico fortalece la competitividad del sector de la construcción, promoviendo soluciones innovadoras y asequibles.

Desde una perspectiva teórica, esta investigación contribuye al avance del conocimiento en el campo de los materiales de construcción sostenibles al evaluar el comportamiento de los mucílago de sábila y tuna como aditivos en el concreto. Los estudios previos han señalado que los biopolímeros naturales pueden mejorar propiedades como la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto, pero las investigaciones específicas sobre estas plantas son limitadas. Este estudio proporcionará datos experimentales que enriquecerán la base teórica sobre el uso de recursos naturales en materiales cementantes. Asimismo, permitirá identificar las proporciones óptimas para maximizar sus beneficios, abriendo nuevas líneas de investigación en el desarrollo de concretos más sostenibles y eficientes. Este conocimiento es esencial para la innovación

en ingeniería civil, facilitando la transición hacia una construcción más respetuosa con el medio ambiente

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General:

¿Cuál es el aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024?

1.2.2 Problemas específicos:

¿Cuál es la variación de la densidad de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024?

¿Cuál es la variación de la absorción de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024?

¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Determinar el aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024

1.3.2 Objetivos específicos:

Analizar la variación de la densidad de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024

Analizar la variación de la absorción de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024

Analizar la variación de la resistencia a la compresión de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024

1.4 Hipótesis

Hipótesis general

El aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024 es el mucílago de tuna al 10%

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo, Enfoque y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

El presente estudio se clasificó como aplicado y experimental. Se considera una investigación aplicada porque busca generar conocimientos que puedan ser utilizados directamente en la práctica, específicamente en la mejora de las propiedades del concreto a través del uso de aditivos naturales como el mucílago de sábila y de tuna. Una de las metas principales fue fomentar el desarrollo de materiales de construcción más sostenibles y eficientes, un tema de gran relevancia tanto en el ámbito académico como en el industrial. Además, la investigación fue de tipo experimental, ya que implica la manipulación de variables independientes, en este caso, los porcentajes de mucílago utilizados, y la evaluación de sus efectos sobre variables dependientes como la resistencia a la compresión, la densidad y la absorción del concreto. Este enfoque experimental permite identificar relaciones causales entre los aditivos naturales y las propiedades mecánicas y físicas del concreto, proporcionando datos valiosos para futuras aplicaciones prácticas (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

2.1.2 Enfoque de investigación

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, dado que su principal objetivo es recopilar y analizar datos numéricos que permitan evaluar las propiedades del concreto al incorporar diferentes porcentajes de mucílago de sábila y mucílago de tuna. Este enfoque resulta particularmente adecuado para estudios experimentales, donde se busca medir de manera objetiva cómo una intervención o variable afecta un conjunto específico de resultados. En este caso, las propiedades del concreto, como la densidad, la absorción y la resistencia a la compresión, serán medidas y analizadas de forma

cuantitativa, lo que facilitará realizar comparaciones estadísticas entre las distintas mezclas y tratamientos. La naturaleza cuantitativa de este estudio permite validar hipótesis de manera precisa y replicable, asegurando la rigurosidad científica del proceso. Este método es esencial para establecer conclusiones sólidas y fundamentadas que contribuyan a un mejor entendimiento del impacto de los aditivos naturales en las propiedades del concreto (Creswell, 2014).

2.1.3 Diseño de investigación

El diseño de esta investigación se enmarcó dentro de un enfoque cuasi-experimental, caracterizado por la manipulación de la variable independiente sin realizar una asignación completamente aleatoria de los grupos de estudio. Este tipo de diseño es especialmente útil en situaciones donde factores prácticos o éticos limitan la posibilidad de una aleatorización total, pero se mantiene el objetivo de analizar las relaciones causales entre variables. En el contexto de este estudio, se evaluaron las propiedades del concreto, específicamente la densidad, absorción y resistencia a la compresión, comparando los resultados entre mezclas sin aditivos y aquellas que incluyen diferentes porcentajes de mucílago de sábila y tuna. Los datos recolectados fueron sometidos a análisis estadísticos para determinar la significancia de las diferencias observadas entre los grupos. Este enfoque es ampliamente utilizado en investigaciones de ingeniería, donde las pruebas se llevan a cabo en entornos controlados, pero no necesariamente con una asignación estrictamente aleatoria (Campbell y Stanley, 2015).

2.1.4 Nivel de investigación

El nivel de investigación de la tesis "Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024" es explicativo, ya

que busca establecer relaciones causales entre el uso de aditivos naturales y las propiedades mecánicas y físicas del concreto. La investigación se enmarca dentro de un diseño cuasi-experimental, lo que implica la manipulación de variables independientes y la evaluación de su impacto en variables dependientes, como la resistencia a la compresión, la densidad y la absorción del concreto

El carácter explicativo del estudio radica en su objetivo de determinar el efecto que tienen estos aditivos sobre las propiedades del concreto, más allá de solo describir sus características. Se realiza un análisis cuantitativo, utilizando métodos estadísticos para comparar resultados entre diferentes mezclas, lo que permite validar hipótesis sobre la influencia de los aditivos naturales. Al aplicar técnicas de observación directa y pruebas normalizadas bajo estándares ASTM, se garantiza la obtención de datos precisos y replicables, fortaleciendo el análisis de causalidad. En conclusión, el estudio no solo describe el comportamiento del concreto con aditivos naturales, sino que busca explicar cómo y en qué medida estas modificaciones impactan en sus propiedades

2.2 Variables

2.2.1 Variables independientes

Aditivo natural (mucílago de tuna y mucílago de sábila)

Porcentaje de aditivo natural

2.2.2 Variable dependiente

Propiedades del concreto

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población estuvo constituida por 105 probetas de concreto preparadas en laboratorio, las cuales se habían elaborado con aditivos naturales (mucílago de tuna y mucílago de sábila) en Trujillo durante el año 2024

2.3.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por probetas de concreto de 6x12” sin adición (GC) y con adición de aditivo natural (mucílago de sábila y mucílago de tuna) en diferentes porcentajes (5, 10 y 15%), se elaboraron 15 probetas por cada grupo evaluado haciendo un total de 105 probetas con las que se evaluaron tanto resistencia a la compresión como densidad y absorción utilizando para la elección de la muestra un tipo de muestreo censal, el cual se caracteriza porque se estudia la totalidad de la población sin seleccionar una muestra representativa. En este caso, al analizar todas las unidades disponibles dentro del estudio, se evita el error muestral asociado a la selección parcial de datos, asegurando una mayor precisión en los resultados

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos en la presente investigación, se empleó la observación directa como técnica principal, lo que permitió registrar de manera objetiva los efectos de la adición de mucílago de sábila y mucílago de tuna en las propiedades del concreto. La observación se llevó a cabo mediante pruebas normalizadas, garantizando la obtención de datos cuantificables y replicables. Se evaluaron variables fundamentales como la

resistencia a la compresión, la densidad y la absorción, siguiendo estrictamente normas técnicas para la elaboración y ensayo de las probetas. El enfoque experimental requirió la aplicación de estándares de ensayo rigurosos, minimizando el margen de error y asegurando la precisión de los resultados. Para ello, se documentó cada etapa del proceso mediante registros sistemáticos, los cuales incluyeron fotografías, anotaciones y tablas de resultados obtenidos en laboratorio.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de estos datos, se emplearon instrumentos normalizados conforme a los estándares internacionales ASTM, asegurando la fiabilidad de los ensayos realizados. Entre los equipos utilizados, se destaca la máquina universal de ensayo, empleada para medir la resistencia a la compresión del concreto bajo la norma ASTM C39. Asimismo, se usó una balanza digital de precisión para determinar la densidad de las probetas antes y después de su inmersión, en conformidad con la norma ASTM C642. Adicionalmente, se utilizaron recipientes de inmersión y una estufa de secado en los ensayos de absorción, garantizando condiciones controladas durante el procedimiento. Finalmente, se diseñaron formatos específicos para documentar los resultados de cada prueba, permitiendo un análisis estructurado y organizado de la información obtenida

2.4.3 Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos se realizó siguiendo estrictamente las normativas internacionales aplicables al ensayo de concreto, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. La metodología utilizada se basó en la aplicación de normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), cumpliendo con los estándares requeridos en la investigación de materiales de construcción.

Inicialmente, se procedió a la obtención y preparación del mucílago de sábila y tuna, siguiendo un tratamiento estandarizado para garantizar la homogeneidad de los aditivos. Para ello, las hojas de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y de sábila (*Aloe vera*) fueron recolectadas y sometidas a un proceso de remojo en agua destilada durante 12 horas, conforme a procedimientos empleados en investigaciones previas sobre biopolímeros. Posteriormente, se realizó la extracción manual del mucílago, el cual fue filtrado y almacenado en condiciones controladas para evitar alteraciones químicas antes de su incorporación en las mezclas de concreto.

La elaboración de las probetas de concreto se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM C31 sobre la fabricación y curado de especímenes de concreto en laboratorio. Se prepararon mezclas de concreto con cuatro niveles de adición de mucílago, correspondientes a 0% (grupo control), 5%, 10% y 15%. Se moldearon probetas cilíndricas de 6" x 12" utilizando moldes estandarizados. Cada probeta fue compactada mediante vibración mecánica para garantizar la correcta distribución de los componentes y evitar la formación de vacíos en la matriz cementante.

El curado de las probetas se realizó conforme a la norma ASTM C192, asegurando condiciones controladas de temperatura y humedad durante 28 días en una cámara de curado a 23 ± 2 °C y con una humedad relativa superior al 95%. Este proceso permitió alcanzar un grado óptimo de hidratación del cemento antes de la realización de los ensayos mecánicos y físicos.

Para la evaluación de las propiedades del concreto se llevaron a cabo diferentes ensayos bajo estándares normativos. La resistencia a la compresión fue determinada siguiendo la norma ASTM C39, aplicando carga axial de manera progresiva en una máquina universal de ensayo hasta la rotura de las probetas. Se registraron los valores

máximos de carga soportada para cada mezcla, permitiendo comparar la resistencia entre los diferentes porcentajes de mucílago utilizados. La densidad y absorción del concreto se midieron según la norma ASTM C642, determinando el peso seco y saturado de las probetas mediante una balanza de precisión y un proceso de inmersión en agua a temperatura controlada. La diferencia de peso permitió calcular el porcentaje de absorción y la densidad del concreto, evaluando el efecto de los aditivos naturales en la porosidad del material.

Los valores obtenidos fueron documentados en formatos de registro diseñados según los requisitos de control de calidad en ensayos de laboratorio. Los datos fueron procesados en Microsoft Excel, aplicando análisis estadísticos descriptivos para evaluar diferencias significativas entre los grupos experimentales. Este procedimiento garantizó la obtención de datos confiables y reproducibles, permitiendo evaluar de manera rigurosa la influencia del mucílago de sábila y de tuna en las propiedades del concreto y proporcionando evidencia científica para su potencial aplicación en la industria de la construcción.

2.4.4 Análisis de datos

Para analizar los datos obtenidos en esta investigación, se emplearon técnicas de estadística descriptiva mediante tablas y figuras que resumen los principales resultados. Se elaboraron tablas que presentan medidas como el promedio y rangos de los valores obtenidos en cada grupo experimental. Estas tablas permitieron una descripción detallada de las características de los datos antes de proceder con análisis más complejos. Además, se incluyeron figuras en forma de gráficos de barras y diagramas de dispersión para representar visualmente las tendencias observadas en las propiedades físico-mecánicas analizadas, como resistencia a la compresión, densidad y absorción. Estas figuras

facilitaron la identificación de patrones generales y comparaciones entre los diferentes niveles de adición de aditivos naturales, ya sea como mucílago de tuna o como mucílago de sábila. El uso de herramientas como Microsoft Excel fue clave para generar estas representaciones de manera precisa y eficiente. Microsoft Excel se utilizó para organizar los datos y crear gráficos básicos y personalizados que enriquecen la comprensión visual de los resultados. Estas representaciones proporcionaron un análisis inicial claro y accesible, estableciendo una base sólida para las interpretaciones y conclusiones posteriores

2.5 Aspectos éticos

En esta investigación se llevó a cabo una recopilación de datos de manera meticulosa y cuidadosa, cumpliendo estrictamente con los estándares éticos establecidos tanto por la Universidad Privada del Norte como por reconocidos organismos internacionales. Cada etapa del proceso fue planificada con precisión para garantizar la validez y confiabilidad de la información obtenida, manteniendo siempre un firme compromiso con la transparencia y la integridad científica. Además, se aseguraron el cumplimiento de todas las normativas aplicables, lo que permitió que la autenticidad y precisión del estudio se mantuvieran intactas en todo momento. Este enfoque ético y riguroso no solo respalda la confiabilidad de los resultados alcanzados, sino que también asegura que los hallazgos puedan ser utilizados con plena confianza en futuras investigaciones y en la implementación de estrategias fundamentadas en evidencia científica.

En cuanto al manejo de los materiales y procedimientos experimentales, se cumplieron los estándares de seguridad establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP) y en las especificaciones de la American Society for Testing and Materials (ASTM), en

particular, la norma ASTM C39 para ensayos de compresión y la norma ASTM C642 para medición de absorción y densidad del concreto. Además, se garantizó el uso responsable de los recursos, minimizando el impacto ambiental en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables). Se procuró la reutilización de materiales y la correcta disposición de los residuos generados en los ensayos de laboratorio, siguiendo la normativa vigente sobre gestión de residuos sólidos en el Perú

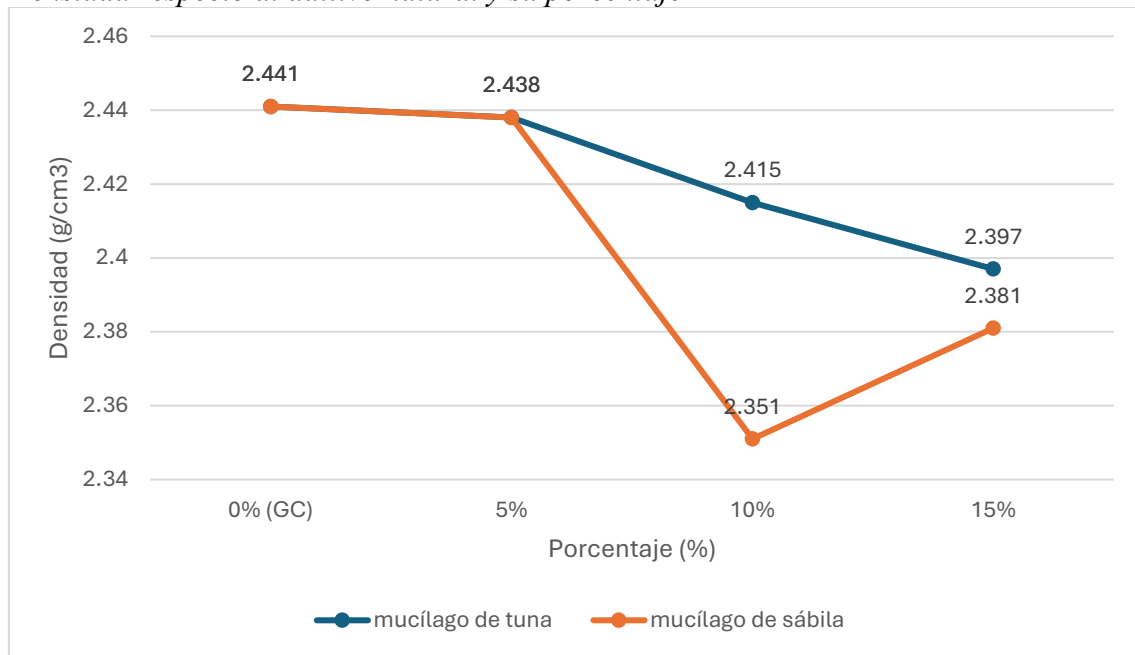
En el procesamiento y presentación de los datos, se evitó cualquier forma de manipulación o sesgo, respetando los principios de reproducibilidad y veracidad científica. La información obtenida se documentó de manera rigurosa en hojas de registro diseñadas específicamente para esta investigación, y los análisis estadísticos fueron realizados con herramientas validadas, garantizando la confiabilidad de los resultados. Se respetaron los derechos de autor de las fuentes consultadas, aplicando las normas de citación en formato APA 7ª edición

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. OE1: analizar la variación de la densidad de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024

Figura 1

Densidad respecto al aditivo natural y su porcentaje



Nota. Datos obtenidos en laboratorio

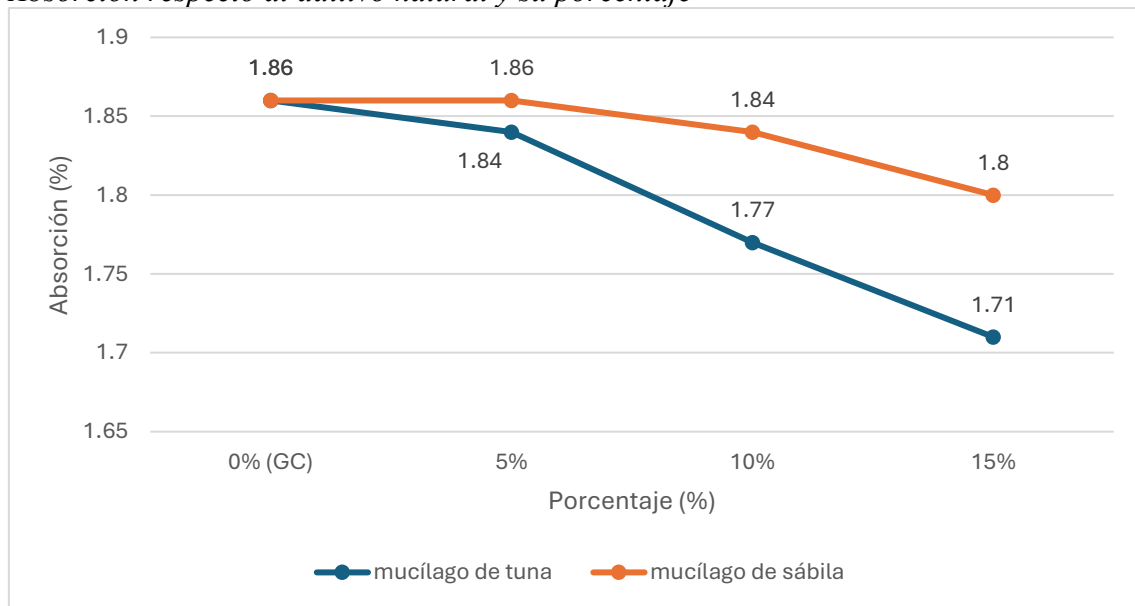
La figura 1 muestra como la densidad del concreto mostró variaciones significativas dependiendo del tipo de mucílago y el porcentaje añadido. Para el grupo control (0%), ambos aditivos comenzaron con una densidad inicial de 2.441 g/cm³. Al incorporar un 5% de mucílago, la densidad del concreto con mucílago de tuna disminuyó ligeramente a 2.438 g/cm³, al igual que el concreto con mucílago de sábila, para una adición de 10% de aditivo, el mucílago de tuna mostró una densidad de 2.415 g/cm³, mientras que el mucílago de sábila experimentó una reducción más pronunciada, alcanzando 2.351 g/cm³, lo que representa una disminución del 3.7%. Esta diferencia evidencia que el mucílago de sábila tiene un mayor impacto en la reducción de densidad

en los primeros niveles de adición en comparación con el mucílago de tuna. Finalmente, con el 15% de aditivo, se ve que el mucílago de tuna mostró un ligero descenso en su densidad, llegando a 2.397 g/cm³, mientras que el concreto con mucílago de sábila aumentó la densidad hasta un 2.381 g/cm³. Este comportamiento sugiere que, aunque ambos aditivos disminuyen la densidad del concreto, el mucílago de sábila genera mayores cambios, especialmente en porcentajes bajos, mientras que el mucílago de tuna mantiene una reducción más uniforme y controlada. Estos resultados reflejan cómo cada aditivo natural influye de manera diferente según su composición y la cantidad añadida, es decir que este comportamiento podría estar relacionado con la composición química y las propiedades específicas de cada mucílago, las cuales deben analizarse más a fondo para determinar su comportamiento óptimo en aplicaciones estructurales

3.2. OE2: analizar la variación de la absorción de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024

Figura 2

Absorción respecto al aditivo natural y su porcentaje



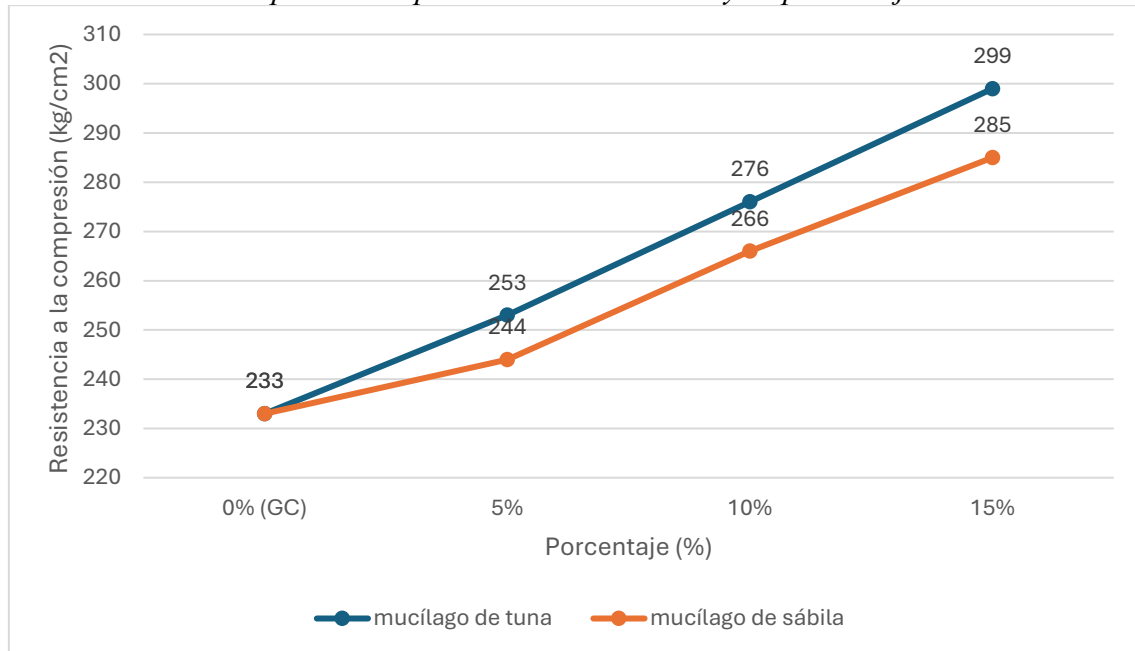
Nota. Datos obtenidos en laboratorio

Según la figura 2 se observa cómo varía la absorción del concreto con el uso de mucílago de tuna y mucílago de sábila en diferentes porcentajes. Para el grupo control (0%), ambos aditivos inician con un valor de absorción similar de 1.86%. Al añadir un 5% de mucílago, el concreto con mucílago de tuna muestra una disminución leve, llegando a 1.84%, mientras que el mucílago de sábila se mantiene en el mismo valor inicial, indicando que en este nivel de adición, el mucílago de tuna comienza a reducir la absorción de manera más efectiva. Al incrementar el porcentaje al 10%, la diferencia se acentúa: el mucílago de tuna reduce la absorción a 1.77%, mientras que el mucílago de sábila solo desciende a 1.84%, una reducción menos pronunciada en comparación. Finalmente, al alcanzar el 15% de aditivo, la tendencia continúa marcándose. El mucílago de tuna logra una absorción de 1.71%, mientras que el mucílago de sábila desciende a 1.8%. Esto representa una diferencia significativa de 5% entre ambos aditivos en el porcentaje más alto evaluado. Estos resultados reflejan que el mucílago de tuna tiene un mayor impacto en la disminución de la absorción de agua en el concreto, especialmente a medida que aumenta su proporción, mientras que el mucílago de sábila muestra un comportamiento más estable y menos efectivo en este aspecto.

3.3. OE3: analizar la variación de la resistencia a la compresión de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024

Figura 3

Resistencia a la compresión respecto al aditivo natural y su porcentaje



Nota. Datos obtenidos en laboratorio

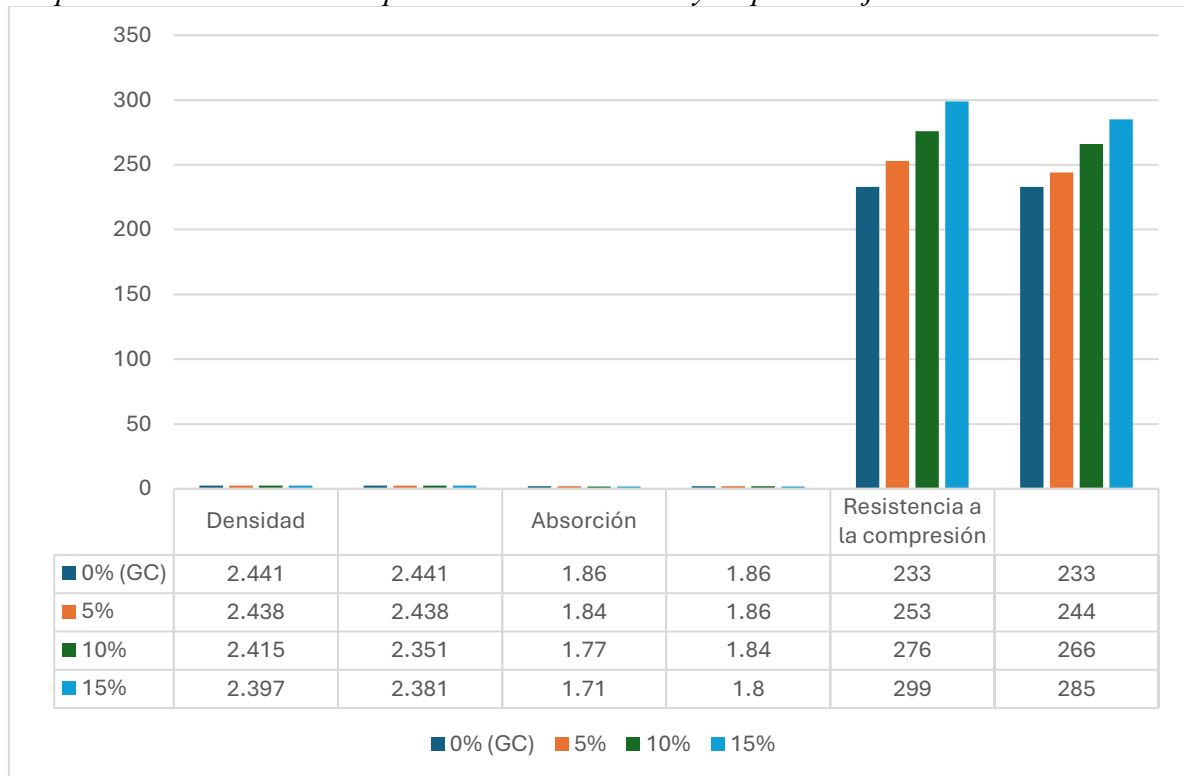
En la figura 3 se tiene que la resistencia a la compresión del concreto mostró un incremento significativo al añadir mucílago de tuna y mucílago de sábila en distintos porcentajes. En el grupo control (0%), el concreto sin aditivos registró valores iniciales de 233 kg/cm² para el mucílago de sábila y para el mucílago de tuna. Al incrementar el porcentaje a 5%, se observó un aumento a 244 kg/cm² para el mucílago de sábila y a 253 kg/cm² para el mucílago de tuna, mostrando un incremento de 4.7% y 3.7%, respectivamente. Este patrón de mejora continua con porcentajes más altos: al 10%, la resistencia alcanzó 266 kg/cm² para el mucílago de sábila y 276 kg/cm² para el mucílago de tuna, consolidando una diferencia creciente entre ambos aditivos. Al 15% de aditivo, el mucílago de sábila alcanzó una resistencia de 285 kg/cm², mientras que el mucílago de tuna llegó a 299 kg/cm². Esto representa un aumento del 22.3% y 22.6%, respectivamente,

en comparación con el grupo control. El mucílago de tuna mostró consistentemente una mayor contribución al incremento de la resistencia a la compresión en cada nivel de adición, evidenciando su potencial superior en aplicaciones estructurales. Estos resultados sugieren que, aunque ambos mucílagos mejoran la resistencia a la compresión, el mucílago de tuna tiene un impacto más pronunciado, lo que lo posiciona como una alternativa más efectiva en el diseño de concretos más resistentes y sostenibles

3.4. OG: determinar el aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024

Figura 4

Propiedades del concreto respecto al aditivo natural y su porcentaje



Nota. Datos obtenidos en laboratorio

De acuerdo con los resultados presentados en la figura 4, las propiedades del concreto, evaluadas en términos de densidad, absorción y resistencia a la compresión, varían según el tipo de mucílago y el porcentaje utilizado teniendo que la primera

columna de cada propiedad corresponde al mucílago de tuna y la siguiente al mucílago de sábila. En cuanto a la densidad, el mucílago de tuna presenta una disminución de 2.441 g/cm³ en el grupo control (0%) a 2.397 g/cm³ al 15%, mientras que el mucílago de sábila disminuye de manera similar, pasando de 2.441 g/cm³ a 2.381 g/cm³. Respecto a la absorción, el mucílago de tuna reduce significativamente este parámetro de 1.86% en el grupo control a 1.71% al 15%, mostrando mayor efectividad que el mucílago de sábila, que alcanza un valor final de 1.8% al mismo porcentaje. En términos de resistencia a la compresión, el mucílago de tuna al 10% logra un incremento notable, pasando de 233 kg/cm² en el grupo control a 276 kg/cm², superando al mucílago de sábila que alcanza 266 kg/cm² al mismo porcentaje.

Con base en los resultados obtenidos, se valida la hipótesis planteada: *El aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024 es el mucílago de tuna al 10%* ya que el mucílago de tuna al 10% no solo mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto, sino que también presenta un impacto positivo en la reducción de la absorción sin comprometer de manera drástica la densidad. Este comportamiento posiciona al mucílago de tuna como el aditivo natural más efectivo para optimizar las propiedades evaluadas del concreto en este estudio, destacando su potencial para aplicaciones prácticas en proyectos de construcción sostenible

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Los resultados obtenidos respecto a la densidad del concreto evidencian variaciones notables en función del tipo de mucílago y el porcentaje añadido. Para el grupo control (0%), ambos aditivos comenzaron con una densidad de 2.441 g/cm³. Al incrementar el porcentaje de adición al 10%, el mucílago de sábila mostró una disminución significativa hasta 2.351 g/cm³, mientras que el mucílago de tuna presentó un valor más controlado de 2.415 g/cm³. Estas diferencias pueden explicarse por la composición química del mucílago de sábila, cuyos biopolímeros tienden a alterar la matriz del concreto en mayor medida, como lo señalan Souza et al. (2024) al analizar los efectos del mucílago de *Opuntia ficus-indica* en materiales cementantes, destacando su capacidad para mejorar la consistencia y reología. Asimismo, León-Martínez y Cano-Barrita (2024) enfatizan que los mucílagos modifican propiedades fisicoquímicas clave, influenciando directamente la densidad y la distribución interna del concreto. Este fenómeno también está alineado con los antecedentes de Puntillo Suárez y Valverde Agama (2023), quienes reportaron que niveles óptimos de mucílago mejoran propiedades mecánicas y reducen densidad. Por tanto, estos resultados resaltan la efectividad diferencial de ambos aditivos, subrayando la necesidad de considerar la composición específica para maximizar su desempeño en aplicaciones estructurales

Los resultados obtenidos para el objetivo de analizar la variación de la absorción del concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje muestran una tendencia diferenciada entre el mucílago de tuna y el de sábila. Inicialmente, ambos aditivos presentan un valor de absorción de 1.86% en el grupo control (0%). Al añadir un 5% de

mucílago, la absorción disminuye levemente a 1.84% para el mucílago de tuna, mientras que el mucílago de sábila permanece sin cambios. Este comportamiento refleja que el mucílago de tuna comienza a influir más eficientemente en este nivel de adición. Al 10%, el mucílago de tuna reduce la absorción a 1.77%, en comparación con el mucílago de sábila, que disminuye a 1.84%. Finalmente, al 15%, el mucílago de tuna logra una absorción mínima de 1.71%, mientras que el mucílago de sábila alcanza 1.8%, mostrando una diferencia significativa entre ambos. Estos hallazgos coinciden con los antecedentes de Souza et al. (2024) y León-Martínez y Cano-Barrita (2024), quienes destacan que los mucílagos naturales, particularmente el de Opuntia, disminuyen la absorción de agua al mejorar la microestructura del concreto. Este fenómeno puede atribuirse a la capacidad del mucílago de tuna para formar una matriz más densa, reduciendo la porosidad interna del concreto, mientras que el mucílago de sábila tiene un efecto más limitado en este aspecto

En cuanto al análisis de la resistencia a la compresión del concreto indican un incremento significativo con la adición de mucílago de tuna y mucílago de sábila. En el grupo control (0%), ambos aditivos presentaron una resistencia inicial de 233 kg/cm². Al aumentar el porcentaje a 10%, la resistencia con mucílago de sábila alcanzó 266 kg/cm², mientras que el mucílago de tuna mostró un valor superior de 276 kg/cm². Finalmente, al 15%, el mucílago de sábila registró 285 kg/cm², mientras que el mucílago de tuna alcanzó un máximo de 299 kg/cm², lo que representa incrementos de 22.3% y 22.6%, respectivamente, en comparación con el grupo control. Estos resultados concuerdan con los antecedentes de Souza et al. (2024), quienes reportaron incrementos del 17% en resistencia a la compresión con el uso de mucílago de Opuntia al 10%, atribuidos a una mejora en la microestructura del concreto. De manera similar, León-Martínez y Cano-

Barrita (2024) destacaron que el mucílago optimiza propiedades mecánicas al actuar como un bioaditivo que mejora la cohesión y reduce la porosidad. Este comportamiento puede explicarse por la capacidad de los biopolímeros presentes en el mucílago de tuna para reforzar la matriz cementante, permitiendo un mayor soporte de carga y consolidándose como el aditivo más efectivo para maximizar la resistencia a la compresión en aplicaciones estructurales

Los resultados obtenidos en el objetivo general revelan que el mucílago de tuna, en un 10% de adición, sobresale como el aditivo natural más efectivo para optimizar las propiedades del concreto. En términos de densidad, el mucílago de tuna mostró una reducción controlada, pasando de 2.441 g/cm³ a 2.415 g/cm³, mientras que el mucílago de sábila disminuyó a 2.351 g/cm³, lo que sugiere un mayor impacto del mucílago de sábila en la estructura interna del material. Respecto a la absorción, el mucílago de tuna redujo este parámetro de 1.86% a 1.77%, destacándose por su capacidad para minimizar la permeabilidad del concreto, en contraste con el mucílago de sábila, que presentó una absorción de 1.84%. Además, el mucílago de tuna al 10% incrementó significativamente la resistencia a la compresión, alcanzando 276 kg/cm², superando al mucílago de sábila, que registró 266 kg/cm² al mismo porcentaje. Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas como las de Souza et al. (2024) y León-Martínez y Cano-Barrita (2024), que demostraron cómo los mucílagos naturales mejoran las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto al optimizar la microestructura. Este fenómeno puede atribuirse a la interacción de los biopolímeros del mucílago de tuna con la matriz cementante, creando un material más cohesivo y resistente. Por tanto, el mucílago de tuna al 10% no solo valida la hipótesis planteada, sino que también destaca como una alternativa sostenible y eficiente para aplicaciones estructurales

4.2. Limitaciones

Durante el desarrollo de esta investigación, se identificaron ciertas limitaciones que podrían influir en la generalización de los resultados. En primer lugar, los experimentos se realizaron bajo condiciones de laboratorio controladas, lo que podría diferir de los entornos reales de construcción donde factores como la humedad, la temperatura y las cargas dinámicas pueden alterar el comportamiento del concreto. Además, el estudio se enfocó únicamente en mucílago de tuna y sábila, sin considerar otros aditivos naturales que podrían ofrecer propiedades comparables o superiores. La selección de porcentajes (0%, 5%, 10% y 15%) también puede no abarcar toda la gama de posibles concentraciones óptimas, dejando espacio para investigar niveles intermedios o extremos. Finalmente, los ensayos se limitaron a evaluar densidad, absorción y resistencia a la compresión, excluyendo otras propiedades relevantes como durabilidad, resistencia a la tracción o flexión, las cuales son fundamentales en aplicaciones específicas de construcción

4.3. Implicancias

Este estudio aporta implicancias significativas en el ámbito de la construcción sostenible al demostrar el potencial de los mucílagos de tuna y sábila como aditivos naturales para mejorar las propiedades del concreto. Los resultados destacan que el mucílago de tuna al 10% optimiza la resistencia a la compresión y reduce la absorción, lo que sugiere su viabilidad como una alternativa ecológica en proyectos estructurales. Esto tiene implicancias directas en la reducción de la dependencia de aditivos sintéticos, promoviendo la incorporación de recursos naturales y renovables en la industria de la construcción. Además, la validación de estos aditivos naturales contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente en la

gestión responsable de los recursos y la reducción de impactos ambientales. A nivel académico, este trabajo sienta las bases para investigaciones futuras que profundicen en el comportamiento de otros biopolímeros y exploren su integración en diferentes diseños de mezcla y condiciones de uso

4.4. Conclusiones

El estudio confirma que la incorporación de mucílago de tuna en un 10% no solo optimiza la resistencia a la compresión y reduce la absorción, sino que también permite un control más adecuado de la densidad del concreto, lo que lo convierte en el aditivo natural más eficiente dentro de los parámetros evaluados. Estos resultados sugieren que su aplicación en la industria de la construcción puede contribuir al desarrollo de materiales más sostenibles, reduciendo la dependencia de aditivos sintéticos y fomentando el uso de recursos naturales renovables. Además, el empleo de mucílago de tuna y sábila está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo prácticas constructivas más ecológicas y de menor impacto ambiental

En cuanto a la densidad del concreto, se identificó que el mucílago de sábila genera una mayor reducción en comparación con el mucílago de tuna. Mientras que el mucílago de sábila disminuyó la densidad hasta 2.351 g/cm^3 , el mucílago de tuna mostró una reducción más controlada, alcanzando 2.415 g/cm^3 al 10% de adición. Esto sugiere que la composición química del mucílago de sábila altera la estructura interna del concreto de forma más pronunciada, mientras que el mucílago de tuna mantiene una reducción más uniforme y estable, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones donde se requiere un balance entre ligereza y resistencia estructural

Respecto a la absorción de agua, los resultados indican que el mucílago de tuna tiene una mayor capacidad para reducir la porosidad del concreto en comparación con el

mucílago de sábila. Al 15% de adición, el mucílago de tuna logró reducir la absorción hasta 1.71%, mientras que el mucílago de sábila solo alcanzó 1.8%, lo que sugiere que el mucílago de tuna contribuye a una menor permeabilidad y, por lo tanto, a una mejor durabilidad del concreto. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han demostrado que los mucílagos naturales pueden mejorar la microestructura del concreto, reduciendo su capacidad de absorción y mejorando su desempeño frente a agentes externos

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que el mucílago de tuna al 10% es el aditivo natural más eficiente para mejorar las propiedades del concreto. En términos de resistencia a la compresión, se observó un incremento significativo, alcanzando 276 kg/cm², superando al mucílago de sábila, que registró 266 kg/cm². Esto evidencia que el mucílago de tuna interactúa de manera más efectiva con la matriz cementante, promoviendo una mejor cohesión interna y permitiendo una mayor capacidad de soporte de carga. Aunque ambos mucílagos contribuyen a mejorar la resistencia, el mucílago de tuna demostró un impacto superior en todos los niveles de adición evaluados, consolidándose como una opción viable y sostenible en la industria de la construcción

REFERENCIAS

- Agencia Internacional de Energía (IEA). (2022). *Cement industry CO2 emissions*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/cement>
- Campbell, D. y Stanley, J. (2015). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Houghton Mifflin Company
- Chithra, S., Senthil Kumar, S. R. R., & Chinnaraju, K. (2020). Influence of natural biopolymers on the density and durability characteristics of cementitious composites. *Construction and Building Materials*, 254, 119225. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119225>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Fernández, M., López, R., & Gutiérrez, J. (2023). Use of natural additives in concrete: A sustainable approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(1), 05023010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002411](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002411)
- García-Gusano, D., Cabal, H., & García, J. (2021). Towards sustainable construction in Latin America: Challenges and perspectives. *Sustainability*, 13(8), 4509. <https://doi.org/10.3390/su13084509>
- Gherghel, A., Teodorescu, M., & Spataru, M. C. (2020). Sustainable applications of plant mucilage in construction materials. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122187>
- Guevara Cárdenas, F. J. (2023). *Uso del mucilago de nopal para mejorar las propiedades mecánicas del concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio USS: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11133>
- Guillen Aparicio, J., García De León Montero, E., Ortiz Lara, N., Escudero Garcia, R., & Rojas-Valencia, M. N. (2019). Study of the properties of the Echerhirhu-Block made with Opuntia ficus mucilage for use in the construction industry. *Case Studies in Construction Materials*, 10, e002169. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e002169>
- Gupta, R., Sharma, S., & Singh, M. (2021). Exploring the potential of Aloe vera gel as a natural admixture in concrete for enhanced mechanical and durability properties. *Construction and Building Materials*, 300, 124063. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124063>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2023). *Boletín estadístico de la construcción en Perú*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/>
- León-Martínez, F. M., & Cano-Barrita, P. F. J. (2024). Cactus mucilage: A review of its rheological and physicochemical properties and use as bio-admixture in building materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279, 135111. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135111>
- León-Martínez, F. M., Cano-Barrita, P. F. de J., Lagunez-Rivera, L., & Medina-Torres, L. (2024). Study of nopal mucilage and marine brown algae extract as viscosity-enhancing admixtures for cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 53, 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.068>
- Liu, R., Zhang, L., & Zhao, Z. (2021). Effects of natural additives on water absorption and durability of concrete. *Construction and Building Materials*, 285, 122890. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122890>
- Lorika, D. A., Hamad, B., Yehya, A., & Salam, D. A. (2023). Evaluating the use of mucilage from *Opuntia ficus-indica* as a bio-additive in production of sustainable concrete. *Construction and Building Materials*, 396, 132132. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132132>
- Murugappan, V., & Muthadhi, A. (2022). Studies on the influence of alginate as a natural polymer in mechanical and long-lasting properties of concrete – A review. *Materials Today: Proceedings*, 65, 839-845. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.424>
- Oloya Pérez, R. A., & Ponce Mendoza, G. V. J. (2019). *Influencia del uso del mucilago de cactus *Echinopsis pachanoi* como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4774>
- Paredes Castro, K. D. R. (2022). *Influencia de la incorporación del mucilago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio USAT. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4922>
- Puntillo Suárez, A. Y., & Valverde Agama, N. (2023). *Influencia del mucilago de tuna en las propiedades del concreto 210kg/cm², Carhuaz 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo] Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/133206>
- Quispe Granda, J. A. (2021). *Efectos del aloe-vera y mucilago de nopal en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto F'c 280kg/cm²* [Tesis

- de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89121>
- Reyes Rivera, J. R., & Segura Terrones, L. A. (2022). *Diseño de pavimento rígido incorporando mucílago de aloe vera (sábila) en la Avenida Jorge Chávez, Santiago de Surco - 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112264>
- Salazar, E., López, F., & Ramírez, J. (2020). Evaluating Opuntia ficus-indica mucilage as a natural admixture for enhancing concrete properties. *Construction and Building Materials*, 250, 118846. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118846>
- Shanmugavel, D., Selvaraj, T., Ramadoss, R., & Raneri, S. (2020). Interaction of a viscous biopolymer from cactus extract with cement paste to produce sustainable concrete. *Construction and Building Materials*, 257, 119585. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119585>
- Souza, G. F. A., Pereira, M. M. L., Palma e Silva, A. A., Capuzzo, V. M. S., & Machado, F. (2024). Opuntia ficus-indica mucilage: A sustainable bio-additive for cementitious materials. *Construction and Building Materials*, 456, 139254. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139254>
- Torres-Acosta, A. A., & Díaz-Cruz, L. A. (2020). Concrete durability enhancement from nopal (Opuntia ficus-indica) additions. *Construction and Building Materials*, 243, 118170. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118170>
- Zhang, Y., Li, H., & Wang, X. (2021). Influence of natural admixtures on compressive strength and microstructure of cementitious materials. *Construction and Building Materials*, 275, 122156. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122156>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE
<p>Determinación del aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024</p>	<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe variación de la densidad de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024? • ¿Existe variación de la absorción de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024? • ¿Existe variación de la resistencia a la compresión de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar la variación de la densidad de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024 • Analizar la variación de la absorción de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024 • Analizar la variación de la resistencia a la compresión de concreto con respecto al aditivo natural y su porcentaje, Trujillo, 2024 	<p>Hipótesis general</p> <p>El aditivo natural y su porcentaje que mejora las propiedades del concreto, Trujillo, 2024 es el mucílago de tuna al 10%</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Propiedades del concreto</p> <p>Variables independientes:</p> <p>Aditivo natural</p> <p>Porcentaje de aditivo natural</p>

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VI1: Aditivo natural	Sustancia derivada de mucílago vegetal, utilizada para mejorar propiedades físicas y mecánicas en materiales de construcción (Autores, 2024)	Se extraerá los mucílago de sábila y de tuna para posteriormente mezclarlos con la mezcla de concreto	Tipo	Mucílago de sábila Mucílago de tuna	Razón
VI2: Porcentaje de aditivo natural	Proporción específica de mucílago vegetal añadida al material, expresada en porcentaje, para optimizar sus propiedades (Autores, 2024)	Los mucílago extraídos se medirán en diferentes porcentajes respecto al peso y así proceder a ser incluidos en la mezcla	Cantidad	0, 5, 10 y 15% en peso	Razón

<p>VD: Propiedades del concreto</p>	<p>Características físicas y mecánicas, como densidad, resistencia a la compresión y absorción, que determinan su desempeño estructural (Autores, 2024)</p>	<p>Se medirán la densidad, absorción y resistencia a la compresión de concreto con y sin aditivos naturales incluidos</p>	<p>Propiedades Mecánicas Propiedades físicas</p>	<p>- Resistencia a la compresión - Densidad - Absorción</p>	<p>Razón</p>
-------------------------------------	---	---	---	---	--------------

Anexo 3: Panel fotográfico

Imagen 01: Agregado De Cantera El Milagro



Imagen 02: Peso Del Agregado Para Las Muestras



Imagen 03: moldes de probetas



Imagen 04: Elaboración De Probetas



Imagen 05: Probetas



Imagen 06: curado de probetas



Imagen 07: Rotura De Probetas



Imagen 08: Verificando probetas rotas



Anexo 4: Certificado de ensayos



CERTIFICADO DE ENSAYOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que Alfredo Alonso Huapaya Jais con ID CARD N00093885 y Gustavo Adolfo Marquina Laiza con ID CARD N00202285, han realizado ensayos en las instalaciones del laboratorio de **Concreto** de esta universidad, requeridos para la tesis ***"DETERMINACIÓN DEL ADITIVO NATURAL Y SU PORCENTAJE PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, TRUJILLO, 2024"***.


Se expide esta certificación a solicitud de los interesados, para los fines que estimen conveniente.


Trujillo, 04 noviembre de 2024



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorios Especializados
de Ingeniería Civil


Anexo 5: Resultados de laboratorio

 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39					
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	Grupo control	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm2)
01	0	9.27	0.3109	0.6218	232
02	0	9.3	0.3093	0.6186	236
03	0	9.2	0.3087	0.6174	239
04	0	9.45	0.3092	0.6184	242
05	0	8.98	0.3102	0.6204	236
06	4	9.87	0.3089	0.6178	238
07	4	10.05	0.3094	0.6188	234
08	4	10.12	0.3096	0.6192	228
09	4	9.96	0.3096	0.6192	231
10	4	10.08	0.3098	0.6196	226
11	6	10.65	0.3101	0.6202	234
12	6	10.59	0.3108	0.6216	229
13	6	10.69	0.3087	0.6174	228
14	6	10.72	0.3089	0.6178	231
15	6	10.64	0.3092	0.6184	233




LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP N° 115238

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39			
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	mucílago de tuna	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm²)
01	5	9.3	0.3409	0.6518	247
02	5	9.33	0.3393	0.6486	251
03	5	9.23	0.3387	0.6474	254
04	5	9.48	0.3392	0.6484	257
05	5	9.01	0.3402	0.6504	258
06	5	9.9	0.3389	0.6478	253
07	5	10.08	0.3394	0.6488	259
08	5	10.15	0.3396	0.6492	253
09	5	9.99	0.3396	0.6492	246
10	5	10.11	0.3398	0.6496	261
11	5	10.68	0.3401	0.6502	249
12	5	10.62	0.3408	0.6516	254
13	5	10.72	0.3387	0.6474	263
14	5	10.75	0.3389	0.6478	246
15	5	10.67	0.3392	0.6484	248




LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP N° 115238

 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39					
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	mucílago de tuna	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm²)
01	10	9.33	0.3709	0.6818	270
02	10	9.36	0.3693	0.6786	274
03	10	9.26	0.3687	0.6774	277
04	10	9.51	0.3692	0.6784	280
05	10	9.04	0.3702	0.6804	281
06	10	9.93	0.3689	0.6778	276
07	10	10.11	0.3694	0.6788	282
08	10	10.18	0.3696	0.6792	276
09	10	10.02	0.3696	0.6792	269
10	10	10.14	0.3698	0.6796	284
11	10	10.71	0.3701	0.6802	272
12	10	10.65	0.3708	0.6816	277
13	10	10.75	0.3687	0.6774	286
14	10	10.78	0.3689	0.6778	269
15	10	10.7	0.3692	0.6784	271



LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP-N° 115238

 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39					
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	mucílago de tuna	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm²)
01	15	9.36	0.4009	0.7118	293
02	15	9.39	0.3993	0.7086	297
03	15	9.29	0.3987	0.7074	300
04	15	9.54	0.3992	0.7084	303
05	15	9.07	0.4002	0.7104	304
06	15	9.96	0.3989	0.7078	299
07	15	10.14	0.3994	0.7088	305
08	15	10.21	0.3996	0.7092	299
09	15	10.05	0.3996	0.7092	302
10	15	10.17	0.3998	0.7096	297
11	15	10.74	0.4001	0.7102	295
12	15	10.68	0.4008	0.7116	300
13	15	10.78	0.3987	0.7074	299
14	15	10.81	0.3989	0.7078	302
15	15	10.73	0.3992	0.7084	297




LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP-N° 115238

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39			
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	mucílago de sábila	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm²)
01	5	9.36	0.4009	0.7118	243
02	5	9.39	0.3993	0.7086	247
03	5	9.29	0.3987	0.7074	250
04	5	9.54	0.3992	0.7084	253
05	5	9.07	0.4002	0.7104	247
06	5	9.96	0.3989	0.7078	249
07	5	10.14	0.3994	0.7088	245
08	5	10.21	0.3996	0.7092	239
09	5	10.05	0.3996	0.7092	242
10	5	10.17	0.3998	0.7096	237
11	5	10.74	0.4001	0.7102	245
12	5	10.68	0.4008	0.7116	240
13	5	10.78	0.3987	0.7074	239
14	5	10.81	0.3989	0.7078	242
15	5	10.73	0.3992	0.7084	244




LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP-N° 115238

 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39					
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	mucílago de sábila	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm²)
01	10	9.32	0.3609	0.6718	262
02	10	9.35	0.3593	0.6686	266
03	10	9.25	0.3587	0.6674	269
04	10	9.5	0.3592	0.6684	272
05	10	9.03	0.3602	0.6704	266
06	10	9.92	0.3589	0.6678	268
07	10	10.1	0.3594	0.6688	264
08	10	10.17	0.3596	0.6692	268
09	10	10.01	0.3596	0.6692	271
10	10	10.13	0.3598	0.6696	256
11	10	10.7	0.3601	0.6702	264
12	10	10.64	0.3608	0.6716	269
13	10	10.74	0.3587	0.6674	258
14	10	10.77	0.3589	0.6678	271
15	10	10.69	0.3592	0.6684	263



LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP-N° 115238

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Resistencia a la compresión de cilindros de concreto ASTM C39			
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024				
Tesista	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza				
Aditivo	mucílago de sabila	Tamaño	6x12"		
Probeta	Porcentaje de aditivo (%)	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura (m)	f'c (kg/cm2)
01	15	9.34	0.3809	0.6918	281
02	15	9.37	0.3793	0.6886	285
03	15	9.27	0.3787	0.6874	288
04	15	9.52	0.3792	0.6884	281
05	15	9.05	0.3802	0.6904	285
06	15	9.94	0.3789	0.6878	287
07	15	10.12	0.3794	0.6888	283
08	15	10.19	0.3796	0.6892	287
09	15	10.03	0.3796	0.6892	290
10	15	10.15	0.3798	0.6896	285
11	15	10.72	0.3801	0.6902	283
12	15	10.66	0.3808	0.6916	288
13	15	10.76	0.3787	0.6874	277
14	15	10.79	0.3789	0.6878	290
15	15	10.71	0.3792	0.6884	282



LUIS ALBERTO ALVAREZ
Ingeniero Civil
CIP-Nº 115238

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)						
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	grupo control	Porcentaje				
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4507	2660	4591	2.440	1.864	4.35
2	4557	2666	4641	2.410	1.843	4.25
3	4526	2654	4610	2.418	1.856	4.29
4	4545	2681	4628	2.438	1.826	4.26
5	4548	2672	4632	2.424	1.847	4.29
6	4552	2680	4637	2.432	1.867	4.34
7	4509	2662	4592	2.441	1.841	4.30
8	4516	2665	4599	2.440	1.838	4.29
9	4518	2668	4602	2.442	1.859	4.34
10	4527	2679	4612	2.450	1.878	4.40
11	4543	2695	4627	2.458	1.849	4.35
12	4529	2681	4614	2.451	1.877	4.40
13	4535	2689	4619	2.457	1.852	4.35
14	4532	2685	4617	2.454	1.876	4.40
15	4542	2693	4627	2.456	1.871	4.40

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)						
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	mucílago de tuna	Porcentaje		5%		
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4504	2656	4587	2.437	1.843	4.30
2	4554	2662	4637	2.407	1.823	4.20
3	4523	2650	4606	2.415	1.835	4.24
4	4542	2677	4624	2.435	1.805	4.21
5	4545	2668	4628	2.421	1.826	4.23
6	4549	2676	4633	2.429	1.847	4.29
7	4506	2658	4588	2.438	1.820	4.25
8	4513	2661	4595	2.437	1.817	4.24
9	4515	2664	4598	2.439	1.838	4.29
10	4524	2675	4608	2.447	1.857	4.35
11	4540	2691	4623	2.455	1.828	4.30
12	4526	2677	4610	2.448	1.856	4.35
13	4532	2685	4615	2.454	1.831	4.30
14	4529	2681	4613	2.451	1.855	4.35
15	4539	2689	4623	2.454	1.851	4.34

LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP-Nº 115238

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)				
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	mucílago de tuna	Porcentaje	10%			
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4506	2640	4586	2.415	1.775	4.11
2	4556	2646	4636	2.385	1.756	4.02
3	4525	2634	4605	2.393	1.768	4.06
4	4544	2661	4623	2.413	1.739	4.03
5	4547	2652	4627	2.399	1.759	4.05
6	4551	2660	4632	2.407	1.780	4.11
7	4508	2642	4587	2.416	1.752	4.06
8	4515	2645	4594	2.414	1.750	4.05
9	4517	2648	4597	2.417	1.771	4.10
10	4526	2659	4607	2.424	1.790	4.16
11	4542	2675	4622	2.433	1.761	4.11
12	4528	2661	4609	2.425	1.789	4.16
13	4534	2669	4614	2.431	1.764	4.11
14	4531	2665	4612	2.428	1.788	4.16
15	4541	2673	4622	2.431	1.784	4.16

LUIS ALBERTO ALVA REYES
 Ingeniero C.M.
 CIP-Nº 115238


UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)				
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto, Trujillo, 2024					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	mucílago de tuna	Porcentaje	15%			
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4484	2613	4561	2.397	1.717	3.95
2	4534	2619	4611	2.368	1.698	3.87
3	4503	2607	4580	2.375	1.710	3.90
4	4522	2634	4598	2.395	1.681	3.87
5	4525	2625	4602	2.382	1.702	3.89
6	4529	2633	4607	2.389	1.722	3.95
7	4486	2615	4562	2.398	1.694	3.90
8	4493	2618	4569	2.396	1.692	3.90
9	4495	2621	4572	2.399	1.713	3.95
10	4504	2632	4582	2.406	1.732	4.00
11	4520	2648	4597	2.415	1.704	3.95
12	4506	2634	4584	2.407	1.731	4.00
13	4512	2642	4589	2.413	1.707	3.95
14	4509	2638	4587	2.410	1.730	4.00
15	4519	2646	4597	2.413	1.726	4.00

 Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)						
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	mucílago de sábila	Porcentaje	5%			
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4506	2657	4590	2.437	1.864	4.35
2	4556	2663	4640	2.407	1.844	4.25
3	4525	2651	4609	2.415	1.856	4.29
4	4544	2678	4627	2.435	1.827	4.26
5	4547	2669	4631	2.421	1.847	4.28
6	4551	2677	4636	2.428	1.868	4.34
7	4508	2659	4591	2.438	1.841	4.30
8	4515	2662	4598	2.437	1.838	4.29
9	4517	2665	4601	2.439	1.860	4.34
10	4526	2676	4611	2.446	1.878	4.39
11	4542	2692	4626	2.455	1.849	4.34
12	4528	2678	4613	2.448	1.877	4.39
13	4534	2686	4618	2.453	1.853	4.35
14	4531	2682	4616	2.451	1.876	4.40
15	4541	2690	4626	2.453	1.872	4.39

LUIS ALBERTO ALVA REYES
 Ingeniero Civil
 CIP. N° 115236

 Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)						
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades del concreto,					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	mucílago de sábila	Porcentaje	10%			
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4504	2596	4587	2.361	1.843	4.17
2	4554	2597	4637	2.327	1.823	4.07
3	4523	2598	4606	2.350	1.835	4.13
4	4542	2599	4624	2.338	1.805	4.05
5	4545	2600	4628	2.337	1.826	4.09
6	4549	2601	4633	2.335	1.847	4.13
7	4506	2602	4588	2.367	1.820	4.13
8	4513	2603	4595	2.363	1.817	4.12
9	4515	2604	4598	2.363	1.838	4.16
10	4524	2605	4608	2.357	1.857	4.19
11	4540	2606	4623	2.347	1.828	4.12
12	4526	2607	4610	2.359	1.856	4.19
13	4532	2608	4615	2.356	1.831	4.14
14	4529	2609	4613	2.359	1.855	4.19
15	4539	2610	4623	2.353	1.851	4.17

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Peso seco, Aparente Sumergido, Saturado Hervido, Densidad Aparente, Absorción y Vol. Poros Permeables (ASTM C642)				
DATOS DE LA MUESTRA						
Tesis	Determinación del aditivo natural y su porcentaje para mejorar las propiedades					
Tesistas	Alfredo Alonso Huapaya Jais / Gustavo Adolfo Marquina Laiza					
Aditivo	mucílago de sábila	Porcentaje	15%			
Probetas	Peso Seco	Peso Aparente Sumergido	Peso Saturado Hervido	Densidad Aparente	Absorción	Vol. de Poros Permeables
1	4432	2570	4512	2.380	1.805	4.12
2	4482	2576	4562	2.352	1.785	4.03
3	4451	2564	4531	2.359	1.797	4.07
4	4470	2591	4549	2.379	1.767	4.03
5	4473	2582	4553	2.365	1.789	4.06
6	4477	2590	4558	2.373	1.809	4.12
7	4434	2572	4513	2.381	1.782	4.07
8	4441	2575	4520	2.380	1.779	4.06
9	4443	2578	4523	2.382	1.801	4.11
10	4452	2589	4533	2.390	1.819	4.17
11	4468	2605	4548	2.398	1.791	4.12
12	4454	2591	4535	2.391	1.819	4.17
13	4460	2599	4540	2.397	1.794	4.12
14	4457	2595	4538	2.394	1.817	4.17
15	4467	2603	4548	2.396	1.813	4.16



LUIS ALBERTO ALVA REYES
Ingeniero Civil
CIP-N° 115238