



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles: Una revisión
de literatura

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Bachiller en Ingeniería Civil

AUTORES:

Moreno Roldan, Henry Luis (orcid.org/0000-0003-3525-162X)

Núñez Herrera, Yesina (orcid.org/0000-0002-9764-1829)

ASESORA:

Mgtr. Poma González, Carla Griselle (orcid.org/0000-0001-5486-7302)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

HUARAZ – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, POMA GONZALEZ CARLA GRISELLE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulado: "Uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles: una revisión de literatura", cuyos autores son MORENO ROLDAN HENRY LUIS, NUÑEZ HERRERA YESINA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 01 de Setiembre del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
POMA GONZALEZ CARLA GRISELLE DNI: 41342758 ORCID: 0000-0001-5486-7302	Firmado electrónicamente por: CGPOMAP el 01-09- 2024 11:14:51

Código documento Trilce: TRI - 0865037





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MORENO ROLDAN HENRY LUIS, NUÑEZ HERRERA YESINA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Tesis titulado: "Uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles: una revisión de literatura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
YESINA NUÑEZ HERRERA DNI: 47563799 ORCID: 0000-0002-9764-1829	Firmado electrónicamente por: NNUNEZHE10 el 01- 09-2024 15:05:00
HENRY LUIS MORENO ROLDAN DNI: 44512348 ORCID: 0000-0003-3525-162X	Firmado electrónicamente por: HMORENOR el 01-09- 2024 15:11:28

Código documento Trilce: TRI - 0865038

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor(es).....	iii
Índice de contenidos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	4
III. RESULTADOS.....	5
IV. CONCLUSIONES	13
REFERENCIAS.....	14

Resumen

Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar los antecedentes de los últimos cinco años sobre el uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles. Se adoptó diseño no experimental y enfoque descriptivo, basándose en la revisión literaria de tesis, artículos científicos y revistas de bases de datos como Web of Science, Scopus, entre otros. Se han identificado 15 estudios que respaldan el uso de la tuna (penca) en obras civil, destacando Mejoras notables en las características mecánicas del concreto. La tuna actúa como un aditivo natural que tiene el potencial de mejorar la trabajabilidad y la resistencia del concreto, al mismo tiempo que ayuda a aumentar la durabilidad.

Palabras clave: Mucílago de tuna, obras civiles, construcción, literatura, revisión.

Abstract

This research aims to determine the recent five-year background on the use of prickly pear (cactus) in civil construction projects. A non-experimental design and descriptive approach were adopted, relying on a literature review of theses, scientific articles, and journals from databases such as Web of Science, Scopus, among others. Fifteen studies have been identified that support the use of prickly pear in civil engineering works, highlighting significant improvements in the mechanical properties of concrete. Prickly pear acts as a natural additive with the potential to enhance the workability and strength of concrete, while also contributing to increased durability.

Keywords: Prickly pear mucilage, civil works, construction, literature, review.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, el incremento continuo en la construcción de diversas estructuras ha llevado a un aumento significativo el uso de cemento. Esto ha convertido a la industria del cemento en una de las que más energía consume y más CO₂ emite a nivel global, contribuyendo a la contaminación ambiental. En las construcciones civiles, se presentan dificultades en la preparación del concreto, especialmente en términos de su trabajabilidad. Para abordar este problema, se está implementando una nueva tecnología que utiliza aditivos sustentables en lugar de productos químicos tradicionales. El objetivo es mantener la misma calidad del concreto mientras se reduce el impacto ambiental (Durgadevagi, et al., 2020, p.2). de la misma manera el concreto es el que más se usa en las obras, como consecuencia de ello se tiene mayor producción del mismo, lo que equivale el 40% de la energía, el 33% de CO₂ esta actividad es el que tiene mayor consumo equivalente al 60% de la superficie terrestre. Por lo tanto, para mitigar el impacto desfavorable para el ambiente, se aplicó insumos como es la penca de tuna para mejorar el concreto sin dañar el medio ambiente (León & Guillén, 2020, p.612).

En Perú, El rubro de la construcción ha desempeñado un papel importante en la economía, aportando considerablemente al progreso y contribuyendo a disminuir las brechas en infraestructura (Global Data, 2023). En la Región Ancash, las edificaciones enfrentan grandes retos debido a varios factores, como el diseño no regulado, la baja calidad de los materiales empleados, errores en el proceso de construcción, la falta de mantenimiento adecuado, y los daños acumulativos en el tiempo. Las problemáticas mencionadas pueden tener consecuencias graves, como el deterioro estructural, la reducción de la seguridad de los habitantes e incluso el colapso total de la estructura. Por lo tanto, es fundamental enfrentar y solucionar estos problemas para asegurar la integridad y durabilidad de las edificaciones, especialmente en columnas, vigas y losas, y así proteger a las personas que las utilizan.

De la misma forma el uso de los insumos químicos a la fecha es bastante usado en la construcción de obras que están relacionados con el agua, esto tiene como

consecuencia de mayores costos para las construcciones, además se tiene antecedentes que la utilización de insumos químicos tiene consecuencia ocasionando enfermedades a los que trabajan como las neuronales, pulmonares, entre otros. (Zapata, et al., 2021, p.150). En el departamento de Ancash el cemento es un material que más se usa en las diferentes construcciones, para la obtención de un buen concreto se requiere de aplicación de productos químicos, por la adición de insumos químicos el costo de la construcción es cada vez mayor y también se tiene como consecuencia que la población de bajos recursos económicos construyan las obras sin adicionar insumos para obtener un buen concreto, de ello nace la necesidad de utilizar insumos naturales como la penca de la tuna para mejorar las propiedades mecánicas del concreto (resistencia, trabajabilidad y absorción), así como también tener menor contaminación del medio ambiente en zonas de ejecución de obras.

De lo mencionado líneas arriba, en el presente estudio se plantea las siguientes interrogantes: (1) ¿Cuáles son los antecedentes del estudio del uso de la penca de tuna en la ejecución de obras civiles?, (2) ¿Cuáles son las definiciones de las variables de estudio más utilizadas del uso de la penca de tuna en la construcción de obras civiles?, (3) ¿Cuáles son las dimensiones planteadas con mayor frecuencia del uso de la penca de tuna en la ejecución de obras civiles?

De la misma manera se tiene la justificación teórica, la adición de insumo natural para mejorar las características del concreto es un tema con pocos antecedentes, a través de una revisión literaria exhaustiva, se pretende mostrar que la aplicación de productos naturales no solo tiene la capacidad de obtener un buen concreto, también ofrece soluciones más prácticas para las construcciones. Justificación metodológica, para la obtención de un buen concreto, generalmente se utilizan insumos químicos, con la revisión literaria se busca obtener antecedentes de la adición de penca de tuna haciendo uso de las Normas Técnicas Peruanas, mejora las características del concreto. Justificación social, en la actualidad para obtener un buen concreto se utiliza insumos químicos, con la revisión literaria sobre la adición de la penca de tuna en el concreto para la construcción de obras civiles, se busca que la población pueda darle un nuevo uso a esta planta, puesto que, a la

fecha, solamente se aprovecha el fruto y las pencas son desechadas. Con esta idea, se busca aprovechar y darle el uso de tal manera que beneficie económicamente y socialmente a la población, con el aprovechamiento de este recurso natural disponible de la zona de estudio. Justificación práctica, a la fecha, la adición de insumos naturales para la obtención de un buen concreto es poco frecuente. de ello, con la revisión de antecedentes se busca incorporar el uso de la penca de tuna en la construcción de obras hidráulicas y civiles. Por ello, esta revisión de literatura busca ser una base para futuros trabajos de investigación, generando prácticas de construcción con uso de productos naturales y económicas.

Con respecto los objetivos se tienen lo siguiente: (1) determinar antecedentes de los últimos cinco años del uso de la penca de tuna en la construcción de obras civiles, (2) identificar las definiciones de la variable de estudio más utilizadas en los artículos publicados del uso de la penca de tuna en la construcción de obras civiles, (3) identificar las dimensiones de las variables de estudio más utilizadas en los estudios publicados del uso de la penca de tuna en la construcción de obras civiles.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo aplicada, de diseño no experimental y de enfoque descriptivo, se consideraron artículos publicados en revistas indexadas en bases de datos como Scopus y Web of Science para la revisión de la literatura, además de información bibliográfica, tesis de posgrado y pregrado. De estas publicaciones se extrajo información que permitió alcanzar los objetivos del estudio. Para el primer objetivo, se utilizó información de 15 fuentes entre artículos y tesis; para el segundo objetivo, se revisaron 6 antecedentes como información bibliográfica; para el tercer objetivo, se consideraron 6 antecedentes como información bibliográfica. En total, se recopilaron datos de 27 artículos y tesis, los cuales fueron cuidadosamente analizados para responder a las preguntas planteadas en la investigación.

La recolección de información se basó en fuentes auténticas, con citas correspondientes de acuerdo con la norma ISO 690 séptima edición, respetando la opinión de cada autor. Los resultados se presentan de manera precisa y sin manipulación, y se evaluó la originalidad del contenido mediante el software Turnitin, garantizando un porcentaje de similitud no superior al 20%.

III. RESULTADOS

Objetivo 1: determinar antecedentes de los últimos cinco años del uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles.

Alisi et al., (2020), en su artículo desarrollado en México, se llevó a cabo una evaluación de la cohesión e integridad de morteros de cal con la adición de mucílago de tuna fresca. La investigación fue de carácter experimental, se extendió a lo largo de 5 meses, durante los cuales se analizaron las muestras utilizando técnicas electroquímicas. Los hallazgos del estudio revelaron una reducción en la corrosión de las muestras que contenían mucílago de tuna. Como conclusión, se destacó que ambos extractos presentan un gran potencial para retardar la corrosión en infraestructuras de hormigón.

Torres & González, (2021), en su artículo desarrollado en México. Buscaron evaluar las características físicas del concreto agregando tuna (penca) a la mezcla. La investigación fue de carácter experimental. Para ello estudiaron a lo largo 30, 90, 180 y 400 días después de la fabricación del hormigón. A edad de 400 días el hormigón indicó claramente una mejora notable de durabilidad en comparación al concreto patrón. Se concluyó que las muestras con una concentración del 1% de tuna (penca) alcanzaron la mayor resistencia.

Torres (2019), en su artículo busco evaluar la permeabilidad de mortero con adiciones deshidratadas botánicas como nopal. La investigación fue de carácter experimental, para ello evaluó con adición de diferentes porcentajes de nopal como 0%, 1%, 2%, 4% y 8% con respecto al cemento para ello realizaron prismas de 5 × 5 × 10 cm y tres prismas por mezcla. En el estudio se observó una reducción del 10% en la absorción capilar en relación con el modelo de referencia. La investigación concluyó que la utilización de nopal deshidratado, en una cantidad inferior al 2% del peso del cemento, mejora la durabilidad del concreto.

Aquilina et al., (2019), en su artículo realizado en Malta. Buscaron evaluar el desempeño de mortero agregando mucílago de tuna. La investigación fue de carácter experimental. Los resultados que mostraron fue que mortero en base de

cemento incremento el desempeño en la resistencia tanto para remplazos de agua y en polvo. El estudio concluye que el mucilago de tuna se puede utilizar como agentes retardantes.

De igual manera, Díaz et al., (2019), en su artículo realizado en Cuernavaca, México, se propusieron analizar cómo la penca de tuna influye en las propiedades electroquímicas del concreto. La investigación fue de carácter experimental, observaron las muestras durante un periodo de 270 días empleando técnicas electroquímicas. El estudio reveló una reducción en la corrosión en las muestras que contenían penca de tuna. Además, concluyeron que las concentraciones de 1% a 3% de penca de tuna en el concreto proporcionaron la mayor resistencia a la compresión.

De igual manera Gallegos et al., (2021) en un estudio realizado en Italia, se investigó cómo la incorporación de productos derivados del nopal afecta el rendimiento del mortero. El objetivo principal fue evaluar la influencia de estos productos naturales en el concreto. La investigación fue de carácter experimental, en el estudio utilizaron probetas como población de estudio. La herramienta de recolección de datos fue la revisión bibliográfica. Los resultados mostraron una mejora significativa en las propiedades mecánicas del concreto al incorporar el aditivo. El estudio concluyó que, en comparación con el hormigón sin aditivos, la mezcla de mucílago de tuna con fibras de Ixtle incrementó de manera considerable la resistencia del material a la compresión.

De igual manera, Pattusamy et al., (2023), en un estudio llevado a cabo en India, se buscó analizar tanto la durabilidad como la fortaleza a la corrosión del concreto al incluir mucílago de tuna. Para ello, se diseñó un hormigón M20 (2900 psi) de acuerdo con las normativas locales, utilizando porcentajes de mucílago de tuna (1%, 3%, 5%, 7%, 9%). El comportamiento del concreto con mucílago fue evaluado a través de pruebas destructivas y no destructivas que permitieron investigar sus propiedades de resistencia. El estudio concluyó que el mucilago de tuna disminuye la absorción de hormigón.

De igual manera, Soto, (2023), en un estudio realizado en Ayacucho, se investigó el impacto del mucílago de tuna (penca) en las características del hormigón. Este estudio, de tipo experimental y aplicado, utilizó 45 probetas y 12 vigas en las que se incorporaron 1%, 1.5% y 2% de nopal en función del peso del cemento. Los resultados mostraron que al agregar un 2% de mucílago de nopal, el concreto alcanzó resistencia a la compresión y flexión de (445.3, 55.27) kg/cm², con un espesor de 28.5 cm, lo que representó una mejora del 21%. La investigación concluyó que la inclusión de mucílago de nopal en el concreto es beneficiosa, especialmente para su uso en pavimentos.

De igual manera, Nieto & Tello, (2019), quien en su estudio realizado en Lima. Busco evaluar la estabilización con mucilago de tuna(penca) para mejorar vida útil de las edificaciones rurales. La investigación fue de carácter experimental, tipo aplicada, para ello tuvieron 45 adobes y 12 vigas que agregaron 8.5%, 11,3%, 13.0%, 18.0% y 20.5% de nopal según el volumen de agua. Los resultados indicaron una mejora significativa en la resistencia de los adobes, especialmente con las proporciones de 20.5% y 18% de nopal. Se logró una resistencia de 23.3 kg/cm² y 25.2 kg/cm², respectivamente, mientras que en la prueba de flexión se obtuvieron valores de 17.62 kg/cm² y 17.61 kg/cm². El estudio concluyó que la adición de mucílago de nopal en el adobe es recomendable, ya que aumenta las propiedades del material, mejorando su durabilidad y resistencia.

De igual manera, Andres, (2023), quien en su estudio realizado en Huánuco. Busco comprobar las propiedades de adobe con adición de tuna y viruta de eucalipto. El estudio fue experimental, tipo aplicada, para ello tuvo 96 adobes que adicionaron 5 %, 8%, 13.0%, 10% de nopal según el volumen de agua. Los resultados mostraron que la adición de nopal mejoró considerablemente la resistencia de los adobes, siendo la proporción del 8% la más efectiva, logrando una resistencia de 32.47 kg/cm². El estudio concluyó que la adición de mucílago de nopal tiene un impacto positivo en las propiedades del adobe, mejorando tanto su durabilidad como su resistencia, lo que podría contribuir a un mejor uso de este material en la construcción.

De igual manera Chauca, (2024), quien en su estudio realizado en Cerro de Pasco. Busco mejorar la resistencia de la superficie de carretera con el uso de tuna. El estudio fue experimental, tipo aplicada, para ello se utilizó muestra no probabilística. La investigación es diseño experimental, tipo aplicada, descriptivo y explicativo, la recopilación de información se realizó mediante ensayos de laboratorio con muestras de suelo. En esta investigación se encontró que el suelo natural tiene CBR al 95% es de 9.20 % y tratamiento más óptimo fue el suelo Natural + 60% tuna con la cual se obtiene el CBR al 100% es de 32.80%. El estudio concluye a mayor concentración de Tuna la capacidad de resistencia como subrasante se incrementa de manera continua más no proporcional, el autor de la investigación indica al hacer la combinación de suelo, tuna y cemento obtuvieron mejores resultados.

De igual manera, Guevara, (2023) quien en su estudio realizado en Chiclayo. Analizó la mejora de las características del concreto adicionando la tuna. Este estudio fue de carácter experimental y aplicado, utilizó 96 probetas en las que se añadió mucílago de nopal en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% en relación al volumen de agua. Las probetas fueron conservadas en bandejas de agua durante 7, 14 y 28 días. Los resultados demostraron que la adición de un 10% de mucílago de nopal mejoró notablemente las características mecánicas y físicas del hormigón, incrementándolas en un 4.35%, 4.87% y 12.79%, respectivamente. En conclusión, el estudio determinó que la incorporación de mucílago de nopal en una proporción de hasta un 10% mejora de manera significativa las propiedades del concreto.

De igual manera, Llaulli et al., (2023) en su artículo realizada en Huancayo, se buscó evaluar las propiedades del concreto al incorporar baba de penca de tuna. Este estudio fue de carácter experimental, utilizaron una muestra de 70 probetas conforme a las normas técnicas peruanas. Los resultados mostraron que el concreto con un aditivo del 6% mejoró su consistencia en comparación con las muestras de referencia, alcanzando una consistencia de 101.81 kg/cm² y una absorción del 8.14%. Se concluyó que la adición de baba de nopal en el concreto es una alternativa efectiva para optimizar la trabajabilidad y resistencia a la compresión en construcciones rurales.

Lorika et al., (2023), en el artículo realizado en Ancash, se investigó cómo el mucílago de cactus afecta la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto. Se empleó un método experimental, evaluando 96 briquetas con distintos porcentajes de aditivo (0,25, 0,50, 0,75 y 1,0) % de mucílago de cactus. Los resultados mostraron que las concentraciones de 0,75% y 1,0% de aditivo mejoraron significativamente la fluidez del concreto. Se concluyó que la utilización de mucílago de cactus como aditivo tiene un impacto notable en las propiedades mecánicas del concreto.

De igual manera, Medina et al., (2021), quienes realizaron el estudio en la ciudad de Huaraz. Busco conocer el uso de sábila y tuna mejora las características del concreto. Se empleó una metodología cuasi-experimental aplicada, probando cinco dosis de aditivos de sábila y tuna en proporciones de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% en relación con la cantidad de agua. El objetivo fue evaluar el impacto de estos aditivos en las propiedades físicas del concreto. El estudio se basó en una muestra de 630 probetas. Los resultados indicaron que una concentración del 2% mejoró la resistencia a la compresión y tracción en (20.94 y 15.95) %. Con una concentración del 3%, la mejora en la resistencia a la compresión fue del 34.05% en comparación con la muestra estándar. Se concluyó que el aditivo de sábila reduce el asentamiento en todas las concentraciones evaluadas.

Objetivo 2: Identificar las definiciones de la variable de estudio más utilizadas en los artículos publicados del uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles.

Se ha revisado los siguientes autores importantes. Humphries, et al., (2022) menciona que la tuna tiene una gran capacidad para sobrevivir en condiciones de baja precipitación debido a su capacidad de almacenar agua en sus tejidos suculentos, es capaz de prosperar en climas cálidos y puede soportar temperaturas extremas que superarían las capacidades de muchas otras plantas, puede crecer en una amplia gama de suelos, incluyendo aquellos que son pobres en nutrientes, siempre y cuando tengan buen drenaje, se reproduce fácilmente tanto por semillas como por esquejes, lo que facilita su propagación en diferentes entornos.

La tuna se emplea en la construcción de cercas vivas, se utiliza como abono cuando mueren y también es comestible para los animales (Nieto, 2021)

Palma, (2022), menciona que la tuna, conocida científicamente como *Opuntia ficus-indica*, pertenece al reino vegetal y se clasifica dentro de la división fanerógama. Es una planta de la clase magnoliopsida, que se encuentra en el orden caryophyllales. Pertenece a la familia de las cactáceas, específicamente a la subfamilia pundiodea. Su género es *Opuntia* y su especie es *ficus-indica*.

San Miguel, et al., (2022), La tuna es una planta con cladodios de forma elíptica. En promedio, presenta espinas y frutos de diversos colores que son dulces y carnosos. Las pencas de la tuna tienen dos capas: la primera está compuesta por células verdes o parénquima, y la segunda por células blancas o parénquima. Entre estos dos tejidos se encuentra una baba líquida y viscosa. (Pariona, 2023) menciona que la tuna tiene una forma similar a una raqueta y un grosor que varía entre 2 y 3 cm. Está compuesta por dos capas distintas: la capa externa está formada por células verdes, conocidas como parénquima, mientras que la capa interna está constituida por células blancas, también parénquima.

Bourkaib et al., (2024), menciona que la elaboración del asilamiento de la baba de tuna (penca), en primer lugar se lava con agua las partículas de polvo, luego se retira las espinas con cuchillo enseguida se pela y se corta en trozos de 2cm, después se congela por 24 horas, por último se separa con el tamiz el sólido del líquido.

Alba, et al., (2020), menciona que la composición química de la tuna, aproximadamente a un año de edad, es la siguiente: humedad del 94.33%, proteínas (calculadas por factor 6.25) del 0.46%, grasa del 0.1%, fibra del 1.06%, cenizas del 1.06%, carbohidratos del 2.43%, vitamina C (mg/100 g) del 23.11%, calcio del 0.339%, sodio del 0.0183%, potasio del 0.145% y hierro del 0.322%.

Objetivo 3: Identificar las dimensiones de las variables de estudio más utilizadas en los artículos publicados del uso de tuna (penca) en la

construcción de obras civiles.

Para ver las dimensiones planteadas más frecuentes el uso de tuna (penca) se ha revisado varios autores. (Puntillo & Valverde, 2023) menciona que las propiedades mecánicas del concreto son cruciales para el diseño y análisis estructural, ya que el entendimiento y la evaluación precisa de estas características son fundamentales para garantizar que las construcciones de concreto mantengan la seguridad, estabilidad y durabilidad necesarias a lo largo del tiempo. Conocer estas propiedades permite a los ingenieros tomar decisiones informadas que aseguren que las estructuras puedan resistir las cargas y condiciones a las que estarán expuestas, contribuyendo a su integridad y longevidad.

Piro, (2022), indica que la resistencia a la flexión se refiere a la capacidad que tiene el concreto para soportar tensiones sin romperse, especialmente en elementos como vigas, que deben resistir fuerzas generadas por cargas, como el peso de personas y vehículos. Para evaluar esta propiedad, se realizan pruebas en las que se aplican cargas a las vigas de concreto hasta que se fracturan, lo que permite comprender cómo se comporta el material bajo estrés. Esta información es importante para garantizar que las estructuras diseñadas sean seguras y duraderas, asegurando que puedan soportar las tensiones a las que serán sometidas durante su vida útil.

Palma, (2022), mencionan que la resistencia a la compresión es la capacidad de un material para soportar fuerzas que lo comprimen sin deformarse o romperse. Este concepto es crucial en la ingeniería y la construcción, ya que determina la solidez de los materiales frente a cargas que tienden a reducir su volumen. Se evalúa aplicando presión a una muestra del material hasta que cede, lo que permite conocer su límite de resistencia antes de fallar. Esta propiedad es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de estructuras como edificios, puentes y carreteras.

Llacsahuanga & Purizaca, (2021) indican que la trabajabilidad se refiere a la facilidad con la que el concreto puede ser mezclado, transportado, colocado y

compactado sin que se produzca una segregación significativa. Esta característica está influenciada por diversos factores, como la cantidad de agua, el tipo de agregados y la adición de aditivos. La trabajabilidad del concreto se evalúa utilizando el procedimiento del cono de Abrams, que mide la trabajabilidad del concreto fresco observando la reducción de altura. Este procedimiento puede llevarse a cabo tanto en el lugar de la obra como en el laboratorio.

Pattusamy et al., (2023), mencionan que la absorción se refiere a la capacidad del concreto para captar y retener agua en diferentes condiciones ambientales. Esta propiedad es crucial, ya que influye en cómo el concreto interactúa con la humedad y afecta su durabilidad y rendimiento general a lo largo del tiempo. El ensayo de absorción se lleva a cabo para determinar cuánto agua puede absorber el concreto una vez que ha alcanzado un nivel específico de endurecimiento. Esta prueba es fundamental para evaluar la capacidad del concreto para resistir la absorción de agua, lo cual es importante para garantizar su durabilidad y estabilidad a lo largo del tiempo.

Ruiz & Vigo, (2020), menciona que La permeabilidad es la capacidad de un material para permitir que el agua pase a través de su estructura. Esta propiedad es fundamental porque afecta directamente la durabilidad y el rendimiento del concreto a lo largo del tiempo. Evaluar y controlar la permeabilidad del concreto es crucial para asegurar que las estructuras mantengan su resistencia y funcionalidad frente a las condiciones ambientales y el desgaste. El ensayo de permeabilidad se realiza para evaluar cómo el agua penetra a través de los poros del concreto endurecido. Este proceso ocurre a medida que el concreto se cura, permitiendo medir la capacidad del material para resistir la penetración de agua y, por ende, determinar su efectividad en términos de durabilidad y resistencia a la acción de la humedad.

IV. CONCLUSIONES

1. En los últimos cinco años, el uso de tuna (penca) en la construcción de obras civiles ha sido objeto de un número creciente de estudios, que destacan su potencial como material alternativo en la industria de la construcción. La tendencia sugiere que la tuna (penca) podría ofrecer beneficios significativos en términos de sostenibilidad y costo-efectividad.
2. Las definiciones de la variable tuna(penca) en los artículos y tesis revisados coinciden en considerarla un recurso natural valioso para mejorar las características del hormigón. Se destaca su rol como aditivo que puede influir positivamente en la resistencia y durabilidad del concreto, además de su capacidad para reducir el uso de materiales sintéticos. Las investigaciones integran teorías sobre la sostenibilidad de materiales de construcción y el impacto ambiental del uso de recursos naturales, proporcionando un marco para entender cómo la tuna (penca) puede contribuir a prácticas más ecológicas en la construcción, y su potencial para reemplazar o complementar aditivos químicos en el concreto.
3. Las dimensiones del uso de tuna (penca) en la construcción que se han identificado con mayor frecuencia, son las propiedades físico – químico del concreto. Estas dimensiones reflejan el interés en evaluar el impacto funcional y económico de la tuna (penca) en la industria de la construcción.

REFERENCIAS

Alisi , C., Bacchetta, L., Bojorquez, E., Falconieri, M., Gagliardi, S., Insaurrealde, M., . . . Tati, A. (2021). Mucilages from Different Plant Species Affect the Characteristics of Bio-Mortars for Restoration. *coatings*, 1, 1-12. Disponible en: doi:<https://doi.org/10.3390/coatings11010075>

Alisi, C., Bacchetta, L., Bojorquez, E., Falconieri, M., Gagliardi, S., Insaurrealde, M., . . . Tati, A. (24 de diciembre de 2020). Mucilages from Different Plant Species Affect the Characteristics of Bio-Mortars for Restoration. *Natural Fiber Based Composites*, 1(11), 75. Disponible en: doi:<https://doi.org/10.3390/coatings11010075>

Bhatarai, J., Somai, M., Acharya, N., Giri , A., Roka, A., & Phulara, N. (10 de Setiembre de 2021). Study on the effects of green-based plant extracts and water-proofers as anti-corrosion agents for steel-reinforced concrete slabs. *Environmental Science and Engineering*, 302, 2021, 10. Disponible en: doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130202018>

Bourkaib, K., Hadjsadok, A., & Djedri, S. (20 de junio de 2024). Synergistic Effect of *Opuntia ficus-indica* Cladode mucilage on Physicochemical and Rheological properties of HPAM polymer solutions for EOR Application. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 691. Disponible en: doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.133794>

Cervantes, C., & Espinoza, D. (2021). “Propuesta de Impermeabilización en Cimentaciones, Realizando un Diseño de Mezcla con Tecnologías de Bajo Costo Adicionando Mucílago Obtenido del Nopal *Opuntia Ficus-Indica* en Lara- Arequipa- Perú [Tesis pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/68cbcd96-077e-48b6-8e13-d5367d92f987/content>

Díaz, Y., Menchaca, C., Rocabruno, C., & Uruchurtu, J. (2019). Natural additive (nopal mucilage) on the electrochemical properties of concrete reinforcing steel.

ALCONPAT, 9(3), 260 – 276. Disponible en:
doi:<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.429>

Durgadevagi , S., Thirumalini , S., Ravi, R., & Simona , R. (10 de octubre de 2020). Interaction of a viscous biopolymer from cactus extract with cement paste to produce sustainable concrete. *Construction and Building Materials*, 1, 1- 8. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119585>

Figuroa, J. (2020). Aplicación de Mucilago de Penca de Tuna, para mejorar las propiedades de suelos blandos, en el distrito de Lurín, Lima 2020 [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56025/Figuroa_BJA-SD.pdf?sequence=1

Gallegos, R., Fabian, L., Larrea, G., Edgardo, S., & Arturo, P. (2021). Effect of natural additives on concrete mechanical properties. *Cogent Engineering*, 1, 1 - 9. doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1870790>

Gerencia Regional Agraria (GRA). (2019). Cultivo de Tuna. Disponible en: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>

GLOBALDATA. (2023). Peru Construction Market Size, Trend Analysis by Sector, Competitive Landscape and Forecast to 2028. GlobalData. Recuperado el 01 de agosto de 2024, Disponible en:<https://www.globaldata.com/store/report/peru-construction-market-analysis/>

Huerta, M. (2020). Uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto [Tesis posgrado, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio Institucional. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4363>

León, A., & Guillén, V. (2020). Embodied energy and CO2 emissions in the cement manufacturing process in Ecuador. *Ambiente Construído*, 20(3), 611 - 625.

Disponible en: doi:<https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300448>

Llacsahuanga, H., & Purizaca, C. (2021). Diseño de Mezcla de Concreto $F'c = 210$ kg/cm² Adicionando Ceniza de Bagazo de la Caña de Azúcar, Piura - 2021 [Universidad Cesar Vallejo, Tesis pregrado] . Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85939?show=full>

Llaulli, N., Quispe, J., Nunez, A., & Perez, G. (2023). Blocks with the addition of Mucilago de Nopal (2023). Compressive Strength, 1(1), 98 -104. Obtenido de DOI: 10.1109/Allot58121.2023.10174555

Lorika, D., Hamad, B., Yehya, A., & Salam, D. (2023). Evaluating the use of mucilage from opuntia ficus-indica as a bio-additive in production of sustainable concrete. Construction and Building Materials, 396(1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132>

Medina, C., & Usúa, G. (2021). Uso del Aloe vera y Opuntia ficus para mejorar las propiedades físicomecánicas del concreto de 245 kg/cm², Huaraz 2021 [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. Disponible en:<https://hdl.handle.net/20.500.12692/86020>

Palma, D. (2022). Efecto de adición del NOPAL (Opuntia Ficus-Indica), en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm², en construcciones hidráulicas, provincia de Asunción – 2022 [Tesis pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo] . Disponible en:<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5293>

Paredes, K. (2022). Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido [Tesis pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4922>

Pariona , B. (2023). Influencia que tiene el uso del Mucilago de Nopal Macerado en las Propiedades Mecánicas del Concreto en Pavimento Rígido, Ayacucho, 2023

[Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114980>

Pattusamy, L., Rajendran, M., Shanmugamoorthy, S., & Ravikumar, K. (2023). Confinement effectiveness of 2900psi concrete using the extract *Euphorbia tortilis* cactus as a natural additive. *Matéria*, 28(1), 1 - 15. doi: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0233>

Piro, M. (2022). Incorporación del mucílago de nopal y sábila para diseñar concreto 210 kg/cm² relacionado con sus propiedades mecánicas, Lima, 2022 [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/107253>

Puntillo, A., & Valverde, N. (2023). Influencia del mucilago de tuna en las propiedades del concreto 210kg/cm², Carhuaz 2023 [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo] . Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/133206>

Quispe, J. (2021). Efectos del aloe-vera y mucílago de nopal en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto F'C 280kg/cm² [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89121>

Ruiz, R., & Vigo, K. (2020). Adición de mucilago de nopal en la resistencia a la compresión y absorción en ladrillos de concreto, Trujillo,La Libertad,2020 [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58831>

Silva, A., Vazquez, C., & Uría, G. (26 de diciembre de 2020). Determining the use of nopal mucilage in the construction in colonial times (case of Convent of San Diego). *Project Design and Management*, 2(2). Obtenido de <https://doi.org/10.35992/pdm.v2i1.433>

Torres, A. (31 de enero de 2019). Water and chloride permeability of cement-based mortar with dehydrated cacti. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*,

94(11), 3488-3494. doi:<https://doi.org/10.1002/jctb.5938>

Torres, A., & Díaz, L. (20 de mayo de 2020). Concrete durability enhancement from nopal (*opuntia ficus-indica*) additions. *Construction and Building Materials*, 243. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118170>

Torres, L. (2022). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón utilizando como agregados concreto reciclado [Tesis pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4300/1/Torres%20Cueva%20Luis%20Alfredo.pdf>

Zapata, S., Bautista, D., Laguna , C., Rojas, P., Rincón, Y., & Contreras, F. (2021). Efectos adversos por el uso de sustancias químicas en la salud de los trabajadores de la industria de la construcción. Obtenido de <https://doi.org/10.24267/23897325.644>