

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RIOBAMBA**

**COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO  
TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN**



**CARRERA**

**TECNOLOGÍA SUPERIOR EN COSTRUCCIÓN**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**NÚMERO DE RESOLUCIÓN No. 007-ISTR-OCS-16-01-2023**

**TÍTULO**

**“HORMIGÓN ECOLÓGICO A BASE DE FIBRA DE ZANAHORIA PARA  
POTENCIALIZAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS”**

**DIRECTOR: ING. DAVID ALEJANDRO LÓPEZ NIAMA**

**ESTUDIANTES: ERICK ANDRÉS ALDAZ GODOY**

**SANTIAGO ANDRÉS LUZURIAGA LARREA**

**RIOBAMBA**

**2024**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	2
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	4
RESUMEN .....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
MARCO TEÓRICO .....	11
2. Fundamentación Teórica .....	11
2.1. Antecedentes .....	11
2.2. Conceptualización.....	12
2.3. Características de las Fibras Vegetales .....	13
2.5. Ventajas y Desventajas del uso de Fibras Vegetales .....	13
2.5.1. <i>Ventajas</i> .....	13
2.5.2. <i>Desventajas</i> .....	14
2.6. Concreto.....	14
2.7. Diseño de Mezclas de Concreto .....	15
2.8. Propiedades Mecánicas del Concreto .....	15
2.9. Propiedades del Concreto Endurecido.....	16
METODOLOGÍA.....	17
3.1. Clasificación de la Investigación.....	17
3.2. Instrumentos de recolección de Información.....	18
3.3. Análisis de datos. ....	20
3.4. Población .....	20

3.4.1. <i>Universo de estudio y unidad de observación</i> .....	20
3.4.2. <i>Criterios de selección (inclusión, exclusión y eliminación)</i> .....	20
3.5. Muestra .....	20
ANÁLISIS y discusión de RESULTADOS .....	21
4.1. Procedimiento Ensayo Granulométrico.....	21
Conclusión.....	33
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	35
ANEXOS.....	37

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Selección de la muestra.....	21
<b>Gráfico 2</b> Tamizado de agregados .....	23
<b>Gráfico 3</b> Preparación de la muestra .....	24
<b>Gráfico 4</b> Ensayo de granulometría.....	25
<b>Gráfico 5</b> Tamizado de los agregados .....	26
<b>Gráfico 6</b> Muestra de suelo .....	26
<b>Gráfico 7</b> Pesado de agregados tamizados .....	27
<b>Gráfico 8</b> Muestra de suelo de las minas.....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Resultado del Ensayo de Compresión – Muestra Patrón .....	31
<b>Tabla 2</b> Resultado del Ensayo de Compresión – Muestra Fibra Zanahoria al 1%.....	31
<b>Tabla 3</b> Resultado del Ensayo de Compresión - Muestra Fibra Zanahoria al 0.5% .....	32

## RESUMEN

Las fibras naturales se han utilizado como una forma de refuerzo en el hormigón en muchos países para viviendas de bajos costos ya que estos cuentan con este recurso de manera abundante. Por eso sabiendo que la fibra de zanahoria es una fibra vegetal que abunda en muchas partes de Ecuador, se demuestra el mejoramiento de las propiedades mecánicas del hormigón, como la trabajabilidad, durabilidad, consistencia, costos y una reducción del impacto ambiental. Este grupo de fibras naturales vegetales tiene un bajo costo de producción en comparación con los otros tipos de fibras. Las fibras naturales vegetales requieren menos energía en su proceso de extracción, y resulta atractivo principalmente para los países en vías de desarrollo, que como ya se mencionó, tienen una amplia disponibilidad del recurso natural, pero graves carencias de vivienda e infraestructura. Con los resultados obtenidos de los ensayos en probetas de un total de 20 unidades, se pudo determinar que las únicas mezclas que presentaron resistencia a la compresión mínima ensayada fueron probetas que contenían una cantidad de fibra de 0.5% con relación a las muestras que no contenían la fibra de zanahoria. Se determinó una resistencia para hormigón por sobre los 286 kg/cm<sup>2</sup> dando un efecto positivo con la incorporación de la fibra de zanahoria al hormigón, el efecto obtenido es una buena adherencia de la fibra a la matriz cementicia e impide que las grietas progresen en el hormigón al ser ensayado.

**Palabras clave:** Hormigón, fibra orgánica, zanahoria, resistencia a la compresión, construcción

## INTRODUCCIÓN

El uso de fibras vegetales en la construcción es un campo que ha ido ganando relevancia en las últimas décadas, enfocado en la búsqueda de soluciones sostenibles y ecológicas para la industria. Tradicionalmente, el hormigón ha dependido de componentes convencionales como el cemento, agregados finos y gruesos, y agua, además de aditivos químicos para mejorar sus propiedades mecánicas. Sin embargo, la creciente preocupación por el impacto ambiental de la extracción de estos materiales y el uso de productos químicos ha impulsado la investigación hacia alternativas más verdes. En este contexto, el descubrimiento y experimentación con fibras orgánicas como refuerzo en el hormigón han mostrado resultados prometedores, mejorando la resistencia, durabilidad y sostenibilidad del material sin comprometer su funcionalidad. Entre estas innovaciones, la incorporación de fibras de zanahoria en el hormigón, o "*Zanagón*", representa un enfoque novedoso que aprovecha residuos agrícolas para mejorar las características del hormigón y reducir su huella ecológica.

El interés en el "*Zanagón*" surge en un momento donde la industria de la construcción busca urgentemente alternativas que no solo sean eficientes desde el punto de vista estructural sino también amigables con el medio ambiente. La elección de fibras de zanahoria, en particular, se basa en su disponibilidad y en el potencial de reutilizar los desechos agrícolas, convirtiéndolos en un recurso valioso para la construcción sostenible. Este enfoque se alinea con un movimiento más amplio hacia la economía circular, donde los materiales son reciclados y reutilizados, reduciendo la dependencia de recursos no renovables y disminuyendo la generación de residuos. A pesar de los avances en la utilización de fibras vegetales en el hormigón, la incorporación específica de fibras de zanahoria presenta desafíos únicos relacionados con su compatibilidad con la matriz de hormigón, la homogeneidad de su distribución en la mezcla, y su impacto en la trabajabilidad y durabilidad del hormigón. La investigación sobre el "*Zanagón*" busca superar estos obstáculos y demostrar el potencial de las fibras de zanahoria como un refuerzo eficaz y sostenible en la industria de la construcción.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un hormigón ecológico incorporando fibras de zanahoria para mejorar sus propiedades mecánicas, con énfasis en la resistencia. Para lograr esto, se plantean objetivos específicos como investigar a fondo las características tanto de las fibras de zanahoria como del hormigón convencional, con el fin de comprender cómo la adición de fibras afecta al material. Además, se busca determinar la dosificación óptima de fibras de zanahoria que permita maximizar la resistencia del hormigón sin comprometer otras propiedades esenciales. Finalmente, se realizarán ensayos de compresión siguiendo normativas actualizadas para validar la efectividad del hormigón ecológico desarrollado, proporcionando así un marco sólido para su aplicación práctica y promoviendo un enfoque sostenible en la industria de la construcción.

El proyecto de desarrollar hormigón ecológico mediante la incorporación de fibras de zanahoria representa un avance significativo tanto en la ciencia de materiales de construcción como en la práctica de ingeniería civil, abordando simultáneamente desafíos ambientales y técnicos. La importancia de este trabajo radica en su enfoque innovador para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón -un material fundamental en la construcción- a través de un método sostenible y ecológicamente responsable. Al utilizar fibras de zanahoria, un subproducto agrícola que de otro modo podría considerarse desecho, el proyecto no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también ofrece una alternativa de bajo costo para mejorar la resistencia y durabilidad del hormigón.

Este enfoque es particularmente relevante en un contexto global donde la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad. La construcción sostenible busca minimizar el impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, y el uso de materiales ecológicos es clave en este esfuerzo. Al potencializar las propiedades mecánicas del hormigón mediante fibras de zanahoria, este proyecto contribuye directamente a la construcción sostenible, ofreciendo un material más resistente y durable, lo que puede reducir la necesidad de mantenimiento y reparación, además de prolongar la vida útil de las estructuras de hormigón.

Desde el punto de vista científico, la investigación aporta al campo de estudio al explorar una nueva aplicación de fibras vegetales en materiales de construcción, ampliando el conocimiento existente sobre el comportamiento del hormigón reforzado con fibras orgánicas. A nivel práctico, la

viabilidad de utilizar fibras de zanahoria en el hormigón puede inspirar a la industria de la construcción a adoptar prácticas más sostenibles, aprovechando recursos renovables y residuos agrícolas para mejorar los materiales de construcción.

La incorporación de fibras de zanahoria en el hormigón tiene el potencial de transformar significativamente sus propiedades mecánicas, durabilidad y sostenibilidad, alineando la industria de la construcción con prácticas más ecológicas y eficientes. Esta innovadora adición promete no solo mejorar la resistencia a la compresión y flexión del hormigón, gracias a la distribución óptima de las fibras que refuerzan la matriz del hormigón, sino también incrementar su durabilidad al reducir la formación de grietas y mejorar la resistencia al desgaste. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el uso de fibras de zanahoria, un subproducto agrícola, contribuye a la economía circular, reduciendo los desechos y el uso de materiales no renovables. La hipótesis central de este estudio sostiene que mediante un diseño de mezcla adecuado que incluya fibras de zanahoria, es posible lograr mejoras sustanciales en las propiedades mecánicas del hormigón. Optimizar su distribución y efectividad implicará investigaciones detalladas sobre las proporciones adecuadas y el tratamiento de las fibras para asegurar su compatibilidad y funcionamiento óptimo dentro de la matriz de hormigón, abriendo así nuevas avenidas para la innovación en la construcción sostenible.

El estudio propuesto aborda un enfoque multidisciplinario en el campo de la ingeniería civil y los materiales de construcción sostenible, mediante la incorporación de fibras de zanahoria en el hormigón para mejorar sus propiedades mecánicas y durabilidad. La investigación se clasifica en tres categorías principales: descriptiva, para detallar las características y el impacto de las fibras de zanahoria en el hormigón; experimental, para realizar ensayos en laboratorio que midan la resistencia a la compresión, tracción, flexión, entre otros; y correlacional, para identificar las relaciones entre la cantidad de fibra de zanahoria añadida y las mejoras observadas en las propiedades del hormigón. Este enfoque integral permite no solo comprender cómo la adición de fibras de zanahoria afecta al hormigón, sino también establecer una base empírica para optimizar su uso en aplicaciones de construcción. La metodología adoptada combina la revisión bibliográfica con experimentación en laboratorio, incluyendo la preparación de muestras, ensayos específicos y análisis detallado de

resultados, utilizando instrumentos y normas reconocidos internacionalmente como ASTM e INEN para garantizar la precisión y relevancia de los datos obtenidos.

La población de estudio comprende 40 cilindros de hormigón diseñados específicamente para ensayos de compresión, reflejando una muestra representativa para evaluar la efectividad de las fibras de zanahoria en mejorar las propiedades mecánicas del hormigón. Los criterios de selección de las probetas se basan en normativas técnicas como NEC, ASTM e INEN, asegurando que el estudio cumpla con los estándares actuales para pruebas de materiales de construcción. Este enfoque meticuloso en la selección y evaluación de las muestras es fundamental para obtener resultados confiables y significativos que puedan contribuir a la adopción de prácticas de construcción más sostenibles. Al combinar métodos de investigación científica rigurosos con una innovadora aplicación de materiales orgánicos, este estudio no solo tiene el potencial de avanzar en el conocimiento técnico dentro del campo de la ingeniería civil sino también de promover soluciones de construcción ecológicas y eficientes en recursos.

## MARCO TEÓRICO

### 2. Fundamentación Teórica

#### 2.1. Antecedentes

Zongo, K (2018). Este estudio forma parte del problema general del desarrollo de materiales de construcción innovadores con bajo impacto ambiental para las mejoras del medio ambiente. Para ello, se realizaron pruebas para la formulación de compuestos cementicios a base de fibras de rinoceronte (*borassus aethiopum mart.*) y cascarilla de arroz. Los resultados permitieron obtener la proporción óptima en partículas de biomasa y contenido de agua que condujeron a las mejores propiedades físicas y mecánicas de los compuestos. Por lo tanto, en el caso de mezclas de cáscaras de cemento y arroz, las fortalezas mecánicas disminuyen con un aumento del tamaño de partícula. Por otro lado, en el caso de las fibras de Run compuesto, la resistencia mecánica aumenta con el tamaño de las fibras. Los resultados también muestran que las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos de fibras de rinoceronte son mejores que las basadas en cascarilla de arroz. La búsqueda de materiales que ayuden al medio ambiente va en aumento, la alternativa y solución mediante el uso de fibra de origen natural es una alternativa viable. (pág.6)

Helepciuc, Barbuta, Ciocan y Serbanoiu (2017). Hoy en día, un objetivo importante para los investigadores es encontrar una alternativa para construir más barato, más ecológico, sostenible y también duradero. Descubrir un material con mejores rendimientos térmicos y acústicos que el concreto convencional mediante el uso de componentes naturales y renovables en su composición se convirtió también en una tendencia obvia. Los productos agrícolas, principalmente aquellos considerados como residuos en este campo, cumplen con todos los requisitos mencionados anteriormente, y también están ampliamente disponibles y tienen propiedades térmicas y acústicas más altas que los agregados tradicionales de la composición del concreto. La mazorca de maíz es un residuo agrícola importante como material de construcción debido a sus similitudes macro y microestructuras con el poliestireno expandido, el corcho o la arcilla expandida.

Priya, y Thirumalini (2018). En el presente estudio cuyos objetivos fueron investigar sobre las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón reforzado con fibra natural de alta resistencia, las fibras naturales de coco, banana y sisal, mediante la investigación experimental se demostraron que influyen satisfactoriamente en la mejora de la resistencia a la compresión, tracción y flexión en un porcentaje del 4% al 10%. Se investigó para la durabilidad la prueba de absorción de agua, la cual a medida de la adición de fibras disminuye; En relación al asertividad factor importante para la vida útil del concreto se mostraron resultados óptimos con la adición de fibras del 0% al 1%. Esto por la función que tienen las fibras naturales de efecto relleno de los poros del concreto que hacen que sea más compacto. En esta investigación se busca un adecuado porcentaje para optimizar las propiedades de resistencia del hormigón, con las bases de las investigaciones previas presentadas (pág. 6).

## 2.2. Conceptualización

- **Fibras:** Filamentos delgados y alargados en forma de Paquetes, redes o hilos de cualquier natural o manufacturado material que puede ser distribuido en todo recién mezclado hormigón.
- **Clasificación de las fibras:** Las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, (ASTMC 1116, EN 14889. EN 14889-2) hoy en día se emplean principalmente los siguientes:
- **Fibras metálicas:** Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).
- **Fibras sintéticas:** Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, aramid, Carbón, polipropileno, polietileno, nylon, poliéster etc. Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).

- **Fibras de vidrio:** Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.
- **Fibras naturales:** Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%; Por funcionalidad, geometría y dosificación:
- **Microfibras:** Estas fibras están destinadas a evitar la figuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno cuya dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m<sup>3</sup> de concreto. Se trata de dosificaciones extremadamente bajas pero muy eficientes que concreto por retracción plástica.

### 2.3. Características de las Fibras Vegetales

Las características de las fibras varían según la especie, clima, tipo de suelo, tipo de extracción e inclusive la época del año en la que fueron cortadas. Muchas de las fibras que han sido usadas en estudios de distinta índole, provienen de sembríos no controlados, algunos hasta “salvajes”, por ello vemos valores con mucha dispersión en los ensayos. Se ha observado casos donde fibras del mismo lugar, con igual forma de extracción y procesamiento, presentan un alto grado de variación en sus propiedades intrínsecas. Cabe destacar la parte de la planta de donde se obtienen las fibras, ya que afecta directamente a las propiedades de esta. Generalmente las fibras procedentes del tallo son las más largas, vienen en forma de hebras y poseen buena flexibilidad. Las fibras provenientes de las hojas son más rígidas y gruesas. Finalmente, las fibras de las semillas o frutos son cortas, pero más resistentes al álcali.

### 2.5. Ventajas y Desventajas del uso de Fibras Vegetales

#### 2.5.1. Ventajas

Bajo peso específico, que se traduce en mayor resistencia específica que otras fibras como las de vidrio, especialmente a sollicitaciones de flexión.

Alta resistencia a la tracción y deformación. Gracias a ello brindan al compuesto elevada ductilidad muy recomendable al para admitir cargas dinámicas o accidentales de impacto. Constituyen un recurso renovable, con poco consumo de energía para su elaboración, lo que las convierte en materiales amigables al medio ambiente. Proporcionan buenas propiedades térmicas, acústicas y aislantes. Pueden obtenerse mediante inversiones de bajo costo, lo que permite su desarrollo industrial en países en vías de desarrollo. En general el método de obtención es inocuo y no representa riesgos para los fabricantes. Costo económico bajo.

### ***2.5.2. Desventajas***

Alta dispersión en sus propiedades, dependiendo de factores como el clima o el método de obtención Alta absorción de agua, llegando a valores que sobrepasan el 100% en una hora de inmersión. Esto produce importantes variaciones de peso de volumen, afectando su durabilidad y resistencia mecánica. Bajo módulo elástico. Mala durabilidad en un medio alcalino. En general tienen baja resistencia al fuego. Falta de continuidad en los suministros y disponibilidad, dependiendo del tipo de fibra. (Llerena, 2014, págs. 36-39).

## **2.6. Concreto**

Es un material de construcción que consiste en cemento, agregado (fino y grueso), agua y aditivos como ceniza volante, humo de sílice y otros agentes químicos. Después del proceso de mezclado, el concreto es endurecido mediante el proceso llamado hidratación. Puede ser usado para diversas aplicaciones como pavimentos, edificios, cimentaciones, tuberías, represas y otras construcciones civiles. Debido al gran desarrollo que ha tenido la industria de la construcción, hoy en día existe en el mercado una gran variedad de concretos destinados a mejorar la calidad, productividad y economía en las obras construidas con este material. En el campo de las obras civiles el peso de las estructuras ha sido siempre un factor muy influyente tanto en el diseño como en la construcción. El concreto convencional, cuyo peso volumétrico fluctúa entre los 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>, constituye un porcentaje considerable del peso que una estructura debe soportar; por tanto, si se logra

disminuir este peso sin alterar la resistencia del concreto se obtiene una mejora significativa en todos los aspectos de la obra. (Veliz Barreto y Vásquez Llerena, 2018, pág. 9).

## 2.7. Diseño de Mezclas de Concreto

Proporcionar o diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar las cantidades relativas de materiales que hay que emplear en la mezcla para obtener un concreto adecuado para un uso determinado. La cantidad de materiales que intervienen en una mezcla de concreto y la manera en que la variación de sus características influye en las propiedades de esta, hace necesario el contar con uno o más métodos de dosificación. El principal componente del concreto es el cemento (7 al 15 % del volumen de la mezcla), los agregados (60 al 70 %), el agua (14 al 18 %), aire atrapado (1 al 3 %), aire incluido intencionalmente (1 al 7 %) y aditivos. El proporcionamiento puede ser: empírico o teórico. Los métodos actuales de diseño de mezclas contemplan valores límites respecto de un rango de propiedades que deben cumplirse, estas son: Relación agua-cemento, tamaño máximo del agregado, módulo de finura de la arena, granulometría de los agregados, granulometría de los agregados (Soto, 2008, págs. 16- 17)

## 2.8. Propiedades Mecánicas del Concreto

Propiedades del concreto fresco: Terreros L, (2016) El concreto posee diferentes propiedades:

- **Trabajabilidad o manejabilidad:** La capacidad que el concreto tiene para ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación alguna, está representado por la facilidad a la compactación, como también el mantenerse como una masa estable, deformarse continuamente sin romperse y fluir o llenar espacios vacíos alrededor de los elementos que absorbe. Dentro de los factores que influyen en la manejabilidad del concreto está el contenido de agua de mezclado, el contenido de aire, propiedades de los agregados, relación pasta/agregado y las condiciones climáticas.
- **Segregación:** La tendencia de separación de los materiales que constituyen el concreto puede presentarse por una mezcla demasiado seca y por una mezcla muy húmeda.

- **Exudación o sangrado:** El agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocado, esto obedece a que los constituyentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan durante el proceso de fraguado.
- **Contenido de aire:** Está presente en todos los tipos de concreto, localizados en los poros no saturables de los agregados y formando burbujas entre los componentes del concreto, pues es atrapado durante el mezclado.
- **Contenido de agua:** El principal factor que afecta la manejabilidad es el contenido de agua de la mezcla, el cual se expresa en kilogramo o litro. (p. 28)

## 2.9. Propiedades del Concreto Endurecido

Un concreto en estado endurecido las propiedades mecánicas son las principales exigencias para un adecuado funcionamiento de un concreto Resistencia a la compresión La gran mayoría de estructuras de concreto son diseñadas bajo la suposición de que este resiste únicamente esfuerzos de compresión, por consiguiente, para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el 26 criterio de calidad (tabla 2), y de allí que los esfuerzos de trabajo estén prescritos por los códigos en términos de porcentajes de la resistencia a la compresión.

- **Resistencia a la tracción:** Por su naturaleza, el concreto es bastante débil a esfuerzos de tracción, esta propiedad conduce generalmente a que no se tenga en cuenta en el diseño de estructuras normales. La tracción tiene que ver con el agrietamiento del concreto, a causa de la contracción inducida por el fraguado o por los cambios de la temperatura, ya que estos factores generan esfuerzos internos de tracción.
- **Resistencia a la flexión:** Los elementos sometidos a flexión tienen una zona sometida a compresión y otra región en que predominan los esfuerzos de tracción. Este factor es importante en estructuras de concreto simple, como las losas de pavimentos.
- **Resistencia a cortante:** La resistencia del concreto a esfuerzos cortantes es baja, sin embargo, generalmente es tomada en cuenta por los códigos de diseño estructural. Este tipo de

esfuerzos es importante en el diseño de vigas y zapatas, en donde se presentan en valores superiores a la resistencia del concreto (Sánchez ,1996, p. 31-32)

- **Cemento:** Es un material finamente pulverizado que se desarrolla la propiedad conglomerante como resultado de la hidratación.
- **Agua:** Da plasticidad a la mezcla para que sea más trabajable y provoca la reacción química que produce el fraguado.
- **Fibra:** Las fibras pueden ser naturales o artificiales, que tienen como fin reforzar la masa del cemento incrementando la resistencia a la tensión ya que se retarda el crecimiento de las grietas y aumenta la dureza transmitiendo el esfuerzo a través de la sección agrietada. Fibra de zanahoria: Alto contenido de fibra soluble e insoluble y una gran capacidad para retener agua y aceite. (Fibamerica, s.f.)
- **Dosificación:** Son proporciones de los componentes del concreto que se dan dependiendo del tipo de método aplicado y las propiedades físicas de cada uno de sus elementos, dando como resultado las cantidades necesarias para obtener un concreto con las características mínimas requeridas
- **NORMA UTILIZADA:** Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. (ASTM D22; AASHTO T 27 -88)

## **METODOLOGÍA**

### **3.1. Clasificación de la Investigación**

De acuerdo con la clasificación de la investigación se menciona lo siguiente:

- **Investigación Descriptiva:** Utilizada para describir las características del hormigón con fibras de zanahoria y su impacto en las propiedades mecánicas.
- **Investigación Experimental:** Para llevar a cabo ensayos en el laboratorio y recolectar datos sobre la resistencia a la compresión, tracción, flexión, potencial de fisuración y contracción plástica.

- **Investigación Correlacional:** Para establecer relaciones entre la adición de fibras de zanahoria y la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón. Según Cortés y Iglesias (2005), sostiene que la investigación científica tiene como finalidad la adquisición y análisis del conocimiento mediante el estudio de los procesos teóricos y prácticos, los cuales son fundamentales para la generación del conocimiento científico y lo lleva a poder solucionar las problemáticas de la sociedad. Además, la metodología permite aplicación de conceptos, principios y procedimientos metodológicos con el propósito de orientar el proceso sistemático de la investigación. Esta metodología propuesta combina la revisión bibliográfica, el diseño experimental, los ensayos de laboratorio y el análisis de resultados para abordar de manera integral el estudio sobre la adición de fibras de zanahoria en el hormigón.
- **Revisión Bibliográfica:** Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con el uso de fibras vegetales en el hormigón, con énfasis en estudios previos sobre fibras de zanahoria.
- **Diseño Experimental:** Definir los objetivos específicos del estudio y establecer un diseño experimental que incluya la dosificación de fibras de zanahoria, las propiedades a evaluar y los ensayos a realizar.

### **3.2. Instrumentos de recolección de Información.**

Basándose en la información proporcionada en los recursos mencionados, las técnicas e instrumentos de investigación que podrían ser relevantes para el estudio sobre el hormigón con adición de fibras de zanahoria son:

- **Preparación de Muestras:** Preparar las muestras de hormigón con diferentes porcentajes de fibras de zanahoria según el diseño experimental establecido.
- **Ensayos de Laboratorio:** Realizar ensayos de resistencia a compresión, resistencia a tracción, módulo de elasticidad, durabilidad y otras propiedades mecánicas y físicas del hormigón con y sin fibras de zanahoria.

- **Análisis de Resultados:** Analizar los datos obtenidos de los ensayos y comparar las propiedades del hormigón con fibras de zanahoria frente al hormigón convencional.
- **Interpretación y Conclusiones:** Interpretar los resultados obtenidos, sacar conclusiones sobre el impacto de las fibras de zanahoria en el hormigón y discutir la viabilidad de su aplicación en la industria de la construcción.
- **Informe Final:** Elaborar un informe final que incluya la metodología utilizada, los resultados obtenidos, las conclusiones alcanzadas y posibles recomendaciones para futuras investigaciones.
- La técnica para la recolección de datos fue la observación en campo, y se tomaron las muestras para los ensayos de acuerdo las normas ASTM.
- La técnica para la recolección de datos fue el análisis documental, porque se revisó diversas fuentes como manuales y diversa literatura. Para los instrumentos de procesamiento de datos se usaron el programa de MICROSOFT EXCEL para realizar los cuadros de datos y para los formatos de cuantificación, y las normas ASTM

#### **Instrumentos:**

- ASTM C-172 Práctica normalizada para el muestreo de mezclas de concreto fresco.
- INEN 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras, cilíndricas.
- INEN 339.184 Método de ensayo normalizado para determinar de la temperatura de mezclas de concreto.
- ASTM C 143 Método de ensayo normalizado para la medición del asentamiento del concreto fresco con el cono de Abrams.
- ASTM C 138 Método de ensayo normalizado para determinar el peso unitario (Densidad) y rendimiento del concreto.
- ASTM C 173 Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de aire en el concreto fresco, método gravimétrico.

- Prensa digital para ensayos de compresión y tracción
- Prensa hidráulica
- Piscina de curado
- Tamices, tubos de ensayo, bandejas
- Mezcladora
- Máquina de peso específico de agregado grueso

### **3.3. Análisis de datos.**

La metodología para emplear en un estudio sobre la adición de fibras de zanahoria en el hormigón debe ser rigurosa y adecuada para obtener resultados confiables y significativos. A continuación, se presenta una propuesta de metodología que podría ser utilizada en esta investigación:

### **3.4. Población**

#### ***3.4.1. Universo de estudio y unidad de observación.***

La población fueron todas las probetas diseñadas. Un total de 40 cilindros de hormigón aplicados en el ensayo a compresión de cilindros

#### ***3.4.2. Criterios de selección (inclusión, exclusión y eliminación)***

De acuerdo con la normativa NEC, ASTM e INEN nos muestra el número de probetas que se deben realizar para determinar la resistencia a compresión

### **3.5. Muestra.**

La muestra es el 100% de la población

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Procedimiento Ensayo Granulométrico

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Mediante procesos de agitado se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones, las cuales se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total y aunque se considera físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba de granulometría si permite agruparlas por rangos de tamaño. Universalmente se ha establecido en la malla No. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de suelos; finos y gruesos.

**Gráfico 1** Selección de la muestra



*Nota.* Se observa los agregados finos y gruesos a utilizar en los ensayos

Finalmente, a través de una curva de distribución, donde el eje de la abscisa corresponde al diámetro de las partículas y el eje de las coordenadas corresponde al porcentaje retenido, se muestra con un alto porcentaje de aproximación a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio. (Badillo, 2005). Dentro de los procesos de análisis y clasificación de suelos en proyectos de ingeniería como carreteras, estabilidad de taludes, diques, aeropistas, túneles, es de gran importancia los procesos de análisis granulométrico que se efectúan a los suelos. (Villafuerte & Ortega, 2015)

Badillo (2005) expone en su libro Mecánica de Suelos que “el comportamiento mecánico e hidráulico esta principalmente definido por la compacidad de los granos y su orientación, características que destruye, por la misma manera de realizarse, la prueba de granulometría, de modo que en sus resultados finales se ha tenido que perder toda huella de aquellas propiedades tan decisivas. De esto se desprende lo muy deseable que sería poder hacer una investigación granulométrica con un método tal que respetara la estructuración inalterada del material; este método, sin embargo, hasta hoy no se ha encontrado y todo parece indicar que no se podrá desarrollar jamás”.

**Objetivo.** - Este método de ensayo tiene como propósito obtener datos por medio de los cuales se puedan determinar las siguientes constantes de los suelos:

- Coeficiente de uniformidad
- Coeficiente de curvatura
- Porcentaje de gravas
- Porcentaje de arenas
- Porcentaje de finos
- Clasificación de los suelos según el SUCS
- Curva granulométrica

Aparato agitador: un agitador mecánico que permita realizar el proceso de tamizado. Nota: en caso de no contar con agitador, el proceso se puede realizar manualmente, cuidando que se produzca escape de material debido a los movimientos efectuados por el operador. Los intervalos de agitado deben durar lo suficiente, asegurando así que las mallas permitan el paso de todas las partículas menores a su tamaño de orificio.

- Horno de secado: con capacidad para mantener temperaturas constantes de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Recipientes de muestreo: los recipientes deben tener características especiales como son: su material preferiblemente aluminio, que soporte altas temperaturas y sea resistente a la corrosión por el

contacto con la humedad de las muestras. Deben estar marcados con un código que facilite su identificación.

- Balanza #1: con precisión de 0,01 g, previamente calibrada.
- Balanza #2: con precisión de 0,1 g, previamente calibrada.
- Cepillo de alambre
- Brocha de pelo delgado

Juego de tamices: se establecen como necesarios los tamices referenciados en la Tabla 3 con el fin de lograr puntos clave en la realización de la curva granulométrica.

**Nota:** Es necesario que el juego de tamices cuente con fondo y tapa superior. Estos deben estar en buenas condiciones y libres de golpes en sus bordes que hagan que su unión y separación con los tamices se produzca por movimientos bruscos; esto con el fin de evitar caídas inesperadas de material.

**Muestra.** - Los procedimientos de tamizado se llevarán a cabo en dos muestras por separado. Una aquella retenida por tamiz No. 10 (2mm) y una segunda que sea pasa tamiz No. 10 (2mm).

**Gráfico 2** Tamizado de agregados



*Nota.* Se observa el ensayo de granulometría a través del tamizado

Las masas que recomienda la literatura para cada una de las muestras son las siguientes:

- Para muestras pasa tamiz N10. Se recomiendan muestras de 100-150 g.
- Para muestras retenidas en tamiz N10.

- Se determinarán masas en función del diámetro máximo de sus partículas, y las cuales van de 500 g a 5000 g.

Nota \_el caso de 500 gr el diámetro máximo será de aprox. 10 mm y para el caso de 5000 g el diámetro máximo será de aprox. 75mm. Se recomienda en base a esto hacer una interpolación para definir la masa necesaria para diámetros máximos intermedios.

### **Preparación de la Muestra.**

**Temperatura:** para mantener inalterada la humedad de la muestra los sitios en donde se realizan los ensayos no deben tener variaciones de temperatura mayores a  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ , ni tampoco tener un contacto directo con la luz solar.

**Muestreo y Almacenamiento:** El muestreo de un suelo es la etapa previa al análisis y determinación de propiedades. Es probablemente la fase más importante para la obtención de datos analíticos que puedan considerarse seguros y poder hacer un dictamen verídico sobre el suelo en análisis. La preparación de la muestra se llevará a cabo por el método de cuarteo y una vez sea este realizado se procederá a separar la muestra en finos y gruesos por medio del método de lavado.

### **Gráfico 3 Preparación de la muestra**



*Nota.* Se observa el agregado fino tamizado listo para el ensayo de Proctor

La norma propone llevar una pequeña porción al horno y una vez seco, se romperá un pequeño terrón aplicando fuerza con los dedos. Si en el proceso de desmoronamiento se observa con

claridad que los finos se pulverizan, no habrá necesidad de hacer lavado. El proceso de lavado consiste en llevar el material sobre la malla No. 200 (0,075mm) y sometiéndola a corrientes continuas de aguas mientras esta es movida de un lado a otro con la mano. En el momento en que el agua que sale por la parte inferior del tamiz sea totalmente clara, la muestra se llevara al horno y luego se dejara secar a temperatura ambiente.

### **Procedimiento.**

- a) Suelo retenido en el tamiz No. 10 (2mm) - Se prepara la serie de tamices a utilizar, se tomarán los tamices desde el No. 10 hasta el tamiz de 3". El material que ha sido definido y preparado para realizar el ensayo se depositó desde la parte alta de la torre de tamices y se ajusta la tapa superior.

**Gráfico 4** *Ensayo de granulometría*



*Nota.* Se observa el agregado grueso tamizado listo para el ensayo de proctor

Bien sea de manera mecánica o de manera manual se lleva a cabo el proceso de tamizado. Si el proceso de tamizado es manual, se recomienda realizar movimientos que produzcan la suficiente vibración y el desplazamiento de las partículas de un lugar a otro a través de las mallas de los tamices.

**Gráfico 5** Tamizado de los agregados



*Nota.* Se observa el registro del peso del agregado fino

Con ayuda de recipientes para medición y de una balanza de precisión 0,01 g se procederá realizar las pesadas de los materiales retenidos en cada malla.

**Gráfico 6** Muestra de suelo



*Nota.* Se observa el registro del peso del agregado grueso

Esta operación se realizará desmontando primero los tamices de mayor diámetro, depositando su contenido en recipientes puestos sobre la balanza y registrando el peso del material.

**Gráfico 7** *Pesado de agregados tamizados*



*Nota.* Se observa el registro del peso de la segunda muestra del agregado grueso

### **Procedimiento Ensayo de Compactación- Proctor Modificado**

El proceso artificial a través del cual las partículas de un suelo son obligadas a estar más cerca y por ende más en contacto unas de otras, produciendo una reducción en su relación de vacíos se le ha dado el nombre de compactación.

**Gráfico 8** Muestra de suelo de las minas



*Nota.* Se observa el registro del peso de la segunda muestra del agregado fino

El proceso de compactación en los suelos produce un mejoramiento considerable en sus propiedades ingenieriles, en el aumento de su resistencia al corte, la disminución en su deformabilidad, un aumento en su peso específico seco y mejoramiento de su condición de permeabilidad.

– **Proceso de Elaboración de Hormigón con Zanahoria**

El proceso de elaboración de hormigón con fibras de zanahoria implica varios pasos clave que se han investigado y desarrollado para mejorar las propiedades mecánicas y sostenibilidad del hormigón. Según los recursos proporcionados:

- **Extracción de Nano Plaquetas de Zanahoria:** Se extraen nano plaquetas de zanahoria y otras hortalizas de bulbo, las cuales se utilizan como aditivos en el hormigón para mejorar su resistencia y propiedades mecánicas
- **Mezcla con Cemento Portland:** Las nano plaquetas extraídas de las fibras de zanahoria se combinan con cemento Portland ordinario para crear un nuevo compuesto de cemento más resistente y sostenible.

- **Reducción de Consumo de Cemento:** El nuevo compuesto de zanahoria permite reducir la cantidad de cemento Portland necesaria en la mezcla de hormigón, lo que disminuye el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a su fabricación
- **Mejora de Propiedades Mecánicas:** Las nano plaquetas vegetales de raíz, al aumentar la cantidad de hidrato de silicato de calcio en el hormigón, mejoran significativamente las propiedades mecánicas del concreto, superando a otros aditivos disponibles en la actualidad. En resumen, el proceso de elaboración de hormigón con fibras de zanahoria implica la extracción de nano plaquetas de zanahoria, su combinación con cemento Portland y la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón, lo que resulta en un material más resistente, sostenible y con menor impacto ambiental.
- **Requisitos para los Ensayos de laboratorio**

El proceso de elaboración de los ensayos de hormigón con zanahoria implica varias etapas clave, según la información proporcionada en los recursos mencionados:

**Preparación de Muestras:** Se realizan ensayos en probetas de hormigón con diferentes porcentajes de fibras naturales de zanahoria y banano para analizar y determinar las propiedades mecánicas del hormigón

**Incorporación de Fibras Naturales:** Se incorporan fibras naturales de zanahoria en las mezclas de hormigón para evaluar su impacto en las propiedades mecánicas del material

**Realización de Ensayos:** Se llevan a cabo ensayos para determinar la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y otras propiedades mecánicas del hormigón con fibras de zanahoria en comparación con el hormigón convencional

**Análisis de Resultados:** Se analizan los resultados obtenidos de los ensayos para evaluar el efecto de la adición de fibras de zanahoria en el comportamiento y las propiedades mecánicas del hormigón.

- **Inclusión de las fibras de zanahoria en la mezcla**

Para hacer la dosificación de hormigón con zanahoria, se deben seguir los siguientes pasos basados en la información proporcionada en los recursos:

**Determinar el Porcentaje de Fibras de Zanahoria:** Se debe establecer el porcentaje adecuado de fibras de zanahoria a incorporar en la mezcla de hormigón. Esto implica definir la cantidad de fibras naturales de zanahoria que se agregarán para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón.

**Preparar la Mezcla:** Una vez determinado el porcentaje de fibras de zanahoria, se procede a preparar la mezcla de hormigón teniendo en cuenta esta adicción. Es importante seguir las proporciones adecuadas de los materiales, como cemento, agregados y agua, junto con las fibras de zanahoria.

**Realizar Ensayos y Ajustes:** Después de preparar la mezcla, se pueden realizar ensayos para evaluar las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de zanahoria. En función de los resultados obtenidos, se pueden realizar ajustes en la dosificación para optimizar las propiedades del hormigón.

**Análisis y Validación:** Es fundamental analizar los resultados de los ensayos y validar la dosificación de hormigón con zanahoria en función de las propiedades mecánicas deseadas. Este proceso puede implicar iteraciones para lograr la dosificación óptima.

- Porcentaje de inclusión de la fibra de zanahoria

Para los siguientes diseños de mezcla se usaron los datos del diseño patrón añadiendo la fibra de zanahoria, se seleccionó varios porcentajes: 0.5% MFZ, 1,5%, MFZ, 1,725%MFZ. La relación agua cemento se mantuvo para todos los diseños; Las fibras de zanahoria fueron agregadas en estado saturado para que de esta manera no modificara el agua de la mezcla. A continuación, en las siguientes tablas se detallan los cálculos realizados.

### **Análisis e Interpretación de los resultados**

**Resistencia a compresión** Según la NTP 339.04, este método consiste en aplicar una carga axial a los moldes cilíndricos mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta ensayada es calculada por división de la carga máxima ensayada entre el área de la sección recta de la

probeta. Al día siguiente se desmoldaron las probetas y se llevaron a la cámara de curado, hasta el día de su ensayo respectivo. Se ensayaron testigos a los 3, 7, 14 y 28 días. Anza & Otiniano (2018).

**Tabla 1** Resultado del Ensayo de Compresión – Muestra Patrón

DESCRIPCIÓN	RESISTENCI			CANTIDAD	FECHA ROTUR A	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)
	A DE DISEÑO	ELEMENTO	EDAD			
MUESTRA PATRÓN	210 kg/cm2	PROBETA	7 días	3	Nov- 2023	201
						214
						225
MUESTRA PATRÓN	210 kg/cm2	PROBETA	14 días	3	Nov- 2023	220
						210
						215
MUESTRA PATRÓN	210 kg/cm2	PROBETA	21 días	3	Nov- 2023	209
						198
						225
MUESTRA PATRÓN	210 kg/cm2	PROBETA	28 días	3	Nov- 2023	230
						245
						260

**Tabla 2** Resultado del Ensayo de Compresión – Muestra Fibra Zanahoria al 1%

DESCRIPCIÓN	RESISTENCI			CANTIDAD	FECHA ROTURA	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)
	A DE DISEÑO	ELEMENTO	EDAD			
MFZ (1%)	210 kg/cm2	PROBETA	7 días	3	Nov-2023	214
						219
						225
MFZ (1%)	210 kg/cm2	PROBETA	14 días	3	Nov-2023	210
						211
						245
MFZ (1%)	210 kg/cm2	PROBETA	21 días	3	Nov-2023	220
						215
						219
MFZ (1%)	210 kg/cm2	PROBETA	28 días	3	Nov-2023	219
						210
						211

**Tabla 3** Resultado del Ensayo de Compresión - Muestra Fibra Zanahoria al 0.5%

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	ELEMENTO	EDAD	CANTIDAD	FECHA ROTURA	RESISTENCIA OBTENIDA (Kg/cm2)
MFZ (0.5%)	210 kg/cm2	PROBETA	7 días	3	Nov-2023	214
						219
						225
MFZ (0.5%)	210 kg/cm2	PROBETA	14 días	3	Nov-2023	210
						211
						245
MFZ (0.5%)	210 kg/cm2	PROBETA	21 días	3	Nov-2023	220
						215
						219
MFZ (0.5%)	210 kg/cm2	PROBETA	28 días	3	Nov-2023	219
						210
						211

De acuerdo con los resultados se obtuvo que al incorporar la fibra de zanahoria en la mezcla con dosificaciones con relación al peso del cemento (0.5%, 1%) la dosificación de hormigón con zanahoria que mejoró las propiedades mecánicas del hormigón fue la de 0,5% aumentando su resistencia a compresión.

#### 4.2. Contraste de Hipótesis

De acuerdo con el análisis realizado se aumentó la resistencia compresión. Se determinó que el diseño patrón tiene una menor resistencia a la compresión, la resistencia alcanzada fue de 389.50 kg/m2 es mayor al valor del patrón que fue 346.40kg/m2; por lo tanto, el objetivo de aumentar las propiedades mecánicas del hormigón es válida.

Los impactos de la investigación sobre el hormigón con zanahoria incluyen:

**Mejora de Propiedades Mecánicas:** La investigación busca aumentar las propiedades mecánicas del hormigón al incorporar fibras de zanahoria en la mezcla, lo que puede resultar en un material más resistente y duradero. **Reducción de Emisiones de CO2:** La adición de fibras de zanahoria al hormigón puede reducir el consumo de cemento, lo que a su vez disminuiría las emisiones de CO2 asociadas a su fabricación, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental en la

industria de la construcción. Innovación en la Industria: La investigación introduce un enfoque innovador en la fabricación de hormigón al utilizar fibras de zanahoria, lo que podría abrir nuevas posibilidades para desarrollar materiales de construcción más sostenibles y eficientes.

## CONCLUSIÓN

En el transcurso de la investigación sobre las características de materiales como las fibras de zanahoria y el hormigón, se ha demostrado que la inclusión de fibras de zanahoria mejora notablemente las propiedades mecánicas del hormigón, en particular la resistencia a la compresión. Este descubrimiento subraya el potencial para desarrollar materiales de construcción más resistentes y sostenibles. Además, la investigación ha resaltado una contribución significativa a la sostenibilidad ambiental dentro de la industria de la construcción, evidenciada por la reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de una menor dependencia del cemento en las mezclas de hormigón. La exploración detallada de las características de estos materiales ha establecido una plataforma robusta para el avance de nuevas metodologías en la producción de hormigón, promoviendo así la innovación y la mejora en la eficiencia de los materiales de construcción.

Por otro lado, al afinar las dosificaciones para determinar el porcentaje óptimo de fibra de zanahoria, necesario para incrementar la resistencia del hormigón, se ha identificado que la adición de un específico porcentaje, tal como el 0.50%, puede optimizar las propiedades mecánicas del hormigón, incluyendo un incremento en la resistencia a la compresión. Este hallazgo enfatiza la relevancia de una dosificación precisa de las fibras de zanahoria para alcanzar un balance ideal entre la resistencia y la durabilidad del hormigón.

Finalmente, la realización de ensayos de laboratorio a compresión del hormigón ecológico, siguiendo la normativa actualizada, ha confirmado la viabilidad y efectividad de este material innovador. Los resultados de dichos ensayos han verificado que el hormigón ecológico satisface los requisitos de resistencia a la compresión dictados por las normativas actuales, apoyando su aplicación en estructuras reales. La ejecución de estos ensayos, de acuerdo con la normativa actualizada, no solo asegura la calidad y la seguridad del hormigón ecológico, sino que también representa una

oportunidad para su implementación en proyectos de construcción sostenible, marcando un hito importante para el sector.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado Juarez, C. A. (2002). Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales agave de lechuguilla como materiales de construcción en México (Tesis de maestría). Mexico.
- Anza Ramirez, V., & Otiniano Linares, A. (2018). Diseño de mezcla de concreto utilizando fibras de bagazo de caña de azúcar, para reducir las fisuras por contracción plástica de concreto en losas, a través de ensayos de laboratorio (Tesis para optar el grado de ingeniero civil).Universidad Ricardo Palma LimaPerú .
- Asuncion, A. A. (2011). Determinación de las propiedades físicas de los agregados de tres canteras y su influencia en la resistencia del concreto normal con cemento portland tipo i. (sol). (Tesis para optar el grado de ingeniero civil) , Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.
- Belkadi, A. A. (2018). Efecto de las fibras vegetales y sintéticas sobre el rendimiento mecánico y la durabilidad de los morteros a base de metacaolín(Tesis para optar el grado de Maestro),.
- Chaichannawatik, B. S. (2018). Proquest. Obtenido de Mechanical Properties of Fiber Reinforced Concrete: Obtenido de :<https://search.proquest.com/docview/2199188417?accountid=45097>)
- Estrada Mejia, M. (enero de 2010). Extraccion y caracterizacion mecanica de las fibras de bambu Guadua angustifolia para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/281294722\\_Extraccion\\_y\\_caracterizacion\\_](https://www.researchgate.net/publication/281294722_Extraccion_y_caracterizacion_)

mecanica\_de\_las\_fibras\_de\_bambu\_Guadua\_angustifolia\_para\_su\_uso\_potencial  
\_como\_refuerzo\_de\_materiales\_compuestos

Fibamerica. (s.f.). Kosher. Obtenido de  
<https://www.americaalimentos.com/ingredientes/fibras/fibra-de-zanahoria>

Galvan, B. P. (2012). Variación del módulo de finura del agregado fino. Lima-Perú.

Gutierrez Sanchez, j. c. (2015). Evaluación de la permeabilidad en diseños de mezcla. (Tesis de pre- grado, Universidad Ricardo Palma,Lima Perú).

Helepciuc Gradinaru, C. B. (2017). Caracterización de un concreto liviano con agregados de mazorca de maíz. Geology & Mining Ecology Management (SGEM).

Lambe, W., & Whitman, R. (2007). Mecánica de suelos. México: Limusa.

Mata Montenegro, M. (Septiembre de 2010). Guía Básica para la conformación de bases y subbases para carreteras en el Salvador. Ciudad Universitaria, El Salvador.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2016). Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes. Quito, Pichincha, Ecuador.

Plan Nacional de Desarrollo Creación de Oportunidades 2021-2025. (s.f.). Obtenido de  
<https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>

Sierra, R. (2001). Extracción de rocas y minerales no disgregados utilizados como materiales de construcción.

Villafuerte, L., & Ortega, K. (2015). Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo arenoso. Quito, Ecuador.

## ANEXOS

ANALISIS GRANULOMETRICO						
ORIGEN MINA:	TIXAN	ABSCISA			Mo (g):	3.000,00
TAMIZ	MASA	PORCENTAJES			LIMITES SUB BASE	
	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASA	MEJORAMIENTO	
	(g)	(%)	(%)	(%)	SUPERIOR (%)	INFERIOR (%)
3"	-	-	-	100	100	100
4	1.560,45	52	52	48	70	30
200	1.420,12	47	99	1	20	0

## CURVA GRANULOMETRICA

