

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES CON AGREGADOS ORGÁNICOS Y HORMIGÓN TRADICIONAL PARA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS CANTÓN BABAHOYO

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

Presentado por:

Samuel David Guaño Colcha
Héctor Lautaro Crespo Caicedo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

Héctor Lautaro Crespo Caicedo.

A mi tierra Babahoyo, cuna de mis abuelos, de mi madre y de mis hijos. Pedazo de suelo que llenó tanto mi corazón y me hizo más babahoyense que ninguno, a pesar de no haber nacido en esta tierra.

Es por esta razón, y conocedor de los diferentes problemas que presenta mi ciudad, he realizado este trabajo de investigación para contribuir en su desarrollo, sirviendo a su gente, especialmente a los más necesitados, desde mi perspectiva ingenieril.

DEDICATORIA

Samuel David Guaño Colcha.

Este proyecto lo dedico a Dios por darme la sabiduría durante mi vida personal y profesional. A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por abrirme las puertas y por permitirme cursar esta maestría.

AGRADECIMIENTOS

Héctor Lautaro Crespo Caicedo.

Un agradecimiento especial a mis hijos, Héctor Raúl y María Teresa, pilares fundamentales en mi vida, la razón de todos mis días.

A mi esposa por toda su comprensión y apoyo a mis metas trazadas.

A mis padres, Héctor, mi maestro de toda la vida, mi ídolo, mi ejemplo por tu dedicación y entrega para toda nuestra familia. Has sido quien me inculcó el amor hacia el estudio y me enseñó que es el camino más adecuado para salir adelante en cada una de las metas que me proponga en la vida.

A mi madre Teresa, mi ángel caído del cielo, mi primera maestra, quien ha sido mi guía en todos los caminos que he recorrido. Su dedicación y abnegación por todos nosotros ha sido siempre un eje fundamental de nuestra familia. La mujer que le da el equilibrio a mi vida.

A todos mis familiares, que han sido por siempre el apoyo fundamental, principalmente, en los momentos más difíciles y trascendentales de mi vida.

GRACIAS A TODOS UDS.

AGRADECIMIENTOS

Samuel David Guaño Colcha.

Mi profundo agradecimiento a mis padres y hermanos por ser mi soporte en todo momento, por ser mi inspiración para seguir creciendo personal y profesionalmente. A mi tutor Dr. Eduardo Santos Baquerizo PhD, por su acompañamiento y profesionalismo en el desarrollo de este trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Samuel David Guaño Colcha y Héctor Lautaro Crespo Caicedo acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor, Samuel David Guaño Colcha y Héctor Lautaro Crespo Caicedo del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 23 febrero del 2025.

Ing. Samuel David Guaño Colcha

Ing. Héctor Lautaro Crespo Caicedo

EVALUADORES

Ing. Fernanda Mejía Peralta, M. Sc

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Samantha Jiménez Oyola, PhD.

PROFESOR DE LA MATERIA

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, PhD.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto analiza la resistencia a compresión de hormigones elaborados con agregados orgánicos, como la cáscara de mazorca de cacao y la fibra del tallo del banano, en comparación con hormigones tradicionales, con el fin de optimizar costos en viviendas de interés social en la ciudad de Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Se justifica la investigación debido a la necesidad de implementar soluciones constructivas sostenibles y económicas para las comunidades vulnerables de la costa ecuatoriana. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron materiales como el cemento Portland, arena y agregados orgánicos, aplicando técnicas de mezclas y ensayos a la compresión, según la Norma Técnica de la Edificación (NTE), el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y la American Society for Testing and Materials (ASTM). Se desarrolló pruebas de resistencia a los 7, 14 y 28 días, obteniendo que las mezclas con la fibra del tallo del banano alcanzaron mejores resistencias, con valores de 178.1 y 161.9 kg/cm², lo que representa un 84.81 % y un 77.10 %, respectivamente, de la resistencia del hormigón tradicional, que es de 210 kg/cm². Estos hallazgos indican que los hormigones elaborados con fibra de tallo de banano en las proporciones del 10% menos de arena+10% de agregado orgánico y sin restar arena+10% de agregado orgánico, son viables técnicamente para la construcción de viviendas de interés social de una sola planta, generando una solución de construcción sostenible que fomenta la economía circular y que puede contribuir al desarrollo de proyectos de interés social. . Este proyecto contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente al ODS 1 (Fin de la pobreza), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 12 (Producción y consumo responsables).

Palabras Clave: Hormigón, agregados orgánicos, resistencia, sostenibilidad, economía circular.

ABSTRACT

This project analyzes the compressive strength of concrete made with organic aggregates, such as cocoa husk and banana stem fiber, compared to traditional concrete, to optimize costs in low-income housing in the city of Babahoyo, province of Los Ríos, Ecuador. The research is justified by the need to implement sustainable and economic construction solutions for vulnerable communities on the Ecuadorian coast. Materials such as Portland cement, sand and organic aggregates were used for the development of the project, applying mixing techniques and compression tests, according to the Technical Building Standard (NTE), the Ecuadorian Institute for Standardization (INEN) and the American Society for Testing and Materials (ASTM). Resistance tests were carried out at 7, 14 and 28 days, obtaining that the mixtures with banana stem fiber achieved better resistances, with values of 178.1 and 161.9 kg/cm², which represents 84.81% and 77.10%, respectively, of the resistance of traditional concrete, which is 210 kg/cm². These findings indicate that concretes made with banana stem fiber in the proportions of 10% less sand + 10% organic aggregate and without subtracting sand + 10% organic aggregate, are technically viable for the construction of single-story social interest housing, generating a sustainable construction solution that promotes the circular economy and can contribute to the development of social interest projects. This project contributes to the Sustainable Development Goals (SDG), specifically SDG 1 (End of poverty), SDG 11 (Sustainable cities and communities) and SDG 12 (Responsible consumption and production).

Keywords: Concrete, organic aggregates, resistance, sustainability, circular economy.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	VIII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE GENERAL	X
SIMBOLOGÍA	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
CAPÍTULO 1.....	16
Introducción	16
1.1 Antecedentes	17
1.2 Localización.....	18
1.3 Estudios previos.	19
1.4 Definición del problema.....	22
1.5 Justificación	22
1.6 Objetivos.....	24
1.6.1 Objetivo General.....	24
1.6.2 Objetivos Específicos	24
CAPÍTULO 2.....	25
Desarrollo del proyecto.....	25
2.1 Marco conceptual	25
2.1.1 El hormigón como material de construcción.	25
2.1.2 Componentes del Hormigón.....	25
2.1.3 Proceso de fabricación del Hormigón convencional.	31
2.1.4 Propiedades físicas y químicas del hormigón convencional en estado fresco.	

2.1.5	Propiedades del hormigón en estado seco o endurecido.	31
2.1.6	Hormigón con agregados orgánicos.	32
2.1.7	Propiedades de los agregados orgánicos.	32
2.1.8	Propiedades mecánicas del hormigón.	32
2.1.9	Propiedades físicas del hormigón.	33
2.1.10	El Banano.	34
2.1.11	El cacao	36
2.2	Marco metodológico	37
2.2.1	Trabajo de campo	37
	Tabla 2.4. Dosificación del hormigón tradicional de 210 kg/cm ²	39
2.2.3.	Tabulación de datos	47
2.2.4.	Solución a diseñar	52
CAPÍTULO 3.....		54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		54
3.1	Resultados.....	54
3.2	Análisis de resultados	58
3.3	PRESUPUESTO	59
3.4	Especificaciones técnicas	64
3.5	Diseño de la solución	70
CAPÍTULO 4.....		72
Conclusiones Y Recomendaciones.....		72
4.1.	Conclusiones	72
4.2.	Recomendaciones.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....		75
ANEXOS.....		77

ABREVIATURAS

ESPOL: Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM: American Society for Testing and Materials
NTE: Norma técnica ecuatoriana
INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización
NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción
SE: Estructuras
HM: hormigón Armado
M.C: mazorca de cacao
T.B: tallo de banano
A.P.U: Análisis de precio unitario.

SIMBOLOGÍA

kg: kilogramo

cm²: centímetro al cuadrado

mm: milímetros

μm : micrómetro

GPa : gigapascales

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación del proyecto de investigación.....	19
Figura 2.1 Planta de banano.	35
Figura 2.2 Planta de cacao.....	36
Figura 2.3 Mazorca de cacao triturada.....	38
Figura 2.4 Trozos de tallo de banano.....	39
Figura 2.5 Pesado de Agregados.....	40
Figura 2.6 Mezclado de Agregados.	41
Figura 2.7 Preparación de cilindros.....	41
Figura 2.8 Fraguado de cilindros.....	42
Figura 2.9 Ensayo de cilindros en laboratorio.....	42
Figura 3.1 Relación entre el hormigón propuesto y el hormigón tradicional.....	55
Figura 3.2 Resistencia de cilindros de prueba.	56
Figura 3.3 Resistencia del hormigón tradicional vs la mezcla 3 y 4	57
Figura 3.4 Precio comparativo del hormigón tradicional, mezcla 3 y mezcla 4.	63
Figura 3.5 Costo de mano de Obra por m ³	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Georreferenciación	19
Tabla 1.2 Estudios desarrollados a nivel global referente a hormigones con agregados orgánicos.	20
Tabla 2.1 Gradación del árido fino INEN 872	27
Tabla 2.2 Gradación de áridos gruesos (INEN 872).	28
Tabla 2.3 Secuencia de Tamices para áridos finos y gruesos INEN 696.....	30
Tabla 2.4. Dosificación del hormigón tradicional de 210 kg/cm ²	39
Tabla 2.5. Diferentes mezclas con agregados orgánicos.	43
Tabla 2.6. Número de cilindros para cada una de las mezclas	44
Tabla 2.7 Resultados de ensayos a la compresión.	47
Tabla 3.1 Resultados de resistencia a la compresión "tallo de banano".	54
Tabla 3.2 Relación que se genera con la resistencia del hormigón tradicional.....	55
Tabla 3.3 Resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días	56
Tabla 3.4 Presupuesto del hormigón tradicional y del hormigón de la mezcla 3 y4.....	59
Tabla 3.5 APU hormigón tradicional 210 kg/cm ²	60
Tabla 3.6 APU hormigón Mezcla 3.....	61
Tabla 3.7 APU hormigón mezcla 4.....	62
Tabla 3.8 Costo de mano de Obra por m ³	64
Tabla 3.9 Especificación Técnica "Hormigón tradicional 210 kg/cm ² "	65
Tabla 3.10 Especificación Técnica "Hormigón mezcla No. 3 (10% menos de arena + 10% de tallo de banano)"	66
Tabla 3.11 Especificación Técnica "Hormigón mezcla No. 4 (sin restar arena + 10% de tallo de banano)"	68
Tabla 3.12 Característica de Mezcla No.3 de fibras de tallo de banano.	70
Tabla 3.13 Característica de Mezcla No.4 de fibras de tallo de banano.	71

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas de interés social enfrenta desafíos significativos en la actualidad, especialmente en países en desarrollo como Ecuador. Los altos costos de los materiales de construcción, combinada con la creciente preocupación por la sostenibilidad y la alta demanda, ha llevado a la búsqueda de alternativas más eficientes y ecológicas. Uno de los materiales más preponderantes en la industria de la construcción es el concreto, que consiste en una mezcla de cemento, agregados finos, gruesos y agua. Gracias a su versatilidad, resistencia, durabilidad, facilidad de manejo y costo accesible, se ha consolidado como una de las opciones preferidas para la edificación de estructuras robustas y seguras (Chuquilin, 2018).

Este proyecto propone un análisis de la resistencia a la compresión de hormigones que incorporan agregados orgánicos, como la cáscara de mazorca de cacao y el tallo del banano, en comparación con hormigones tradicionales. La utilización de estos materiales no solo busca reducir costos de producción, sino también minimizar el impacto ambiental asociado con la extracción con respecto a la extracción ilegal y antitécnica de los ríos y el procesamiento de los agregados convencionales. Además, el reciclaje de residuos agrícolas contribuye a una economía circular, favoreciendo tanto al sector de la construcción como al agrícola.

La investigación se centrará en evaluar las propiedades mecánicas de los hormigones elaborados con agregados alternativos y su viabilidad en proyectos de construcción de viviendas de interés social en el cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos. A través de esta investigación, se espera contribuir al desarrollo de soluciones sostenibles que mejoren las condiciones de vida de las comunidades más vulnerables y promuevan prácticas constructivas responsables.

1.1 Antecedentes

En un contexto global donde lo elevado de los costos y la sostenibilidad ambiental se han convertido en grandes limitantes, la búsqueda de alternativas a los materiales tradicionales de construcción, como el hormigón, resulta primordial. Por esta razón esta investigación se justifica desde las perspectivas: económica, social y ambiental.

La posibilidad de acceder a una vivienda digna para una familia de escasos recursos económicos es un derecho humano fundamental, el cual es reconocido como una necesidad básica y uno de los objetivos más importantes que una familia pueda obtener. Sin embargo, en diversas regiones del mundo, especialmente en países del tercer mundo como el nuestro, existe un déficit considerable de viviendas de interés social (Freire, 2018).

Tradicionalmente el costo de los materiales de la construcción siempre ha sido una de las principales limitantes en la construcción de viviendas de interés social por la dificultad que se presenta para obtenerlos, especialmente del hormigón, que es un componente principal en la construcción de las estructuras en las edificaciones. El precio del cemento, sus agregados como el ripio, la arena, el lastre, entre otros, sumado a los costos de transporte y mano de obra, genera un peso significativo al final del análisis de los presupuestos destinados a todo proyecto de construcción, y mucho más influyente en el caso de la construcción de vivienda de interés social (Paredes y Gutiérrez, 2015)

Por esta razón, el uso de agregados no tradicionales, reciclados y alternativos para la composición de hormigones representa una oportunidad para la reducción de costos de producción sin comprometer su resistencia ni la calidad de las edificaciones. Los materiales reciclados como escombros de demolición, vidrio triturado, plásticos, restos de construcciones o materiales de origen vegetal como las cascara de banano o cacao van a tener menores costos, principalmente de transporte o estibaje, que los agregados

tradicionales que se han venido usando en construcción, lo que puede generar reducciones y múltiples ahorros significativos, principalmente en proyectos de interés social (Narváez y Orellana, 2024).

Así también la explotación de los agregados que se utilizan en las mezclas como la arena, la grava o el ripio conlleva la degradación del ecosistema y la erosión del suelo y roca. Tradicionalmente en la zona de la provincia de Los Ríos los agregados para la construcción son obtenidos desde ríos que tienen la particularidad de tener en su recorrido minas de este tipo de agregados.

Por lo tanto, la utilización de materiales reciclados y eco-sustentables, como las cáscaras y tallos de productos agrícolas, en la elaboración de agregados para el hormigón representa una solución significativa para reducir tanto el impacto económico como el ambiental asociado con el proceso de construcción. Además, hay que tomar en cuenta que todos estos materiales que se proponen utilizar como agregados alternativos en el caso de no ser utilizados terminarían como desechos en vertederos, generando otro grave daño al medio ambiente. Además, el tratamiento de estas cáscaras de productos agrícolas se convertiría en otra fuente de ingresos para agricultores de la zona que, en el momento, ven a estos productos como desperdicios en el proceso de la agricultura y no logran ningún beneficio en su economía.

1.2 Localización

La investigación se llevó a cabo en el sector de barrio Lindo, parroquia Camilo Ponce del cantón Babahoyo, provincia de los Ríos como se observa en la, donde se realizará un análisis exhaustivo de la resistencia a la compresión de hormigones elaborados con agregados orgánicos en comparación con hormigón tradicional.



Figura 1.1 Ubicación del proyecto de investigación

UBICACIÓN: Calle A entre Avenida Enrique Ponce Luque y Primera Longitudinal – Sector Barrio Lindo – Parroquia Camilo Ponce – Ciudad de Babahoyo - Provincia Los Ríos – Ecuador.

Tabla 1.1 Georreferenciación

COORDENADAS UTM			
ZONA	HEMISFERIO	ESTE (X)	NORTE (Y)
17	S	662112	9800203

1.3 Estudios previos.

Se han realizado varios estudios relacionados a la resistencia a la compresión de hormigones con agregados orgánicos como son cascara de mazorca de cacao y tallo de banano descrito en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Estudios desarrollados a nivel global referente a hormigones con agregados orgánicos.

Agregado	Investigación	Metodología	Resultados	Conclusión	Referencia Bibliográfica
Mazorca de Cacao	Efectos de la incorporación de fibras de mazorca de cacao en el concreto $f'c=280kg/cm^2$, para pavimentos rígidos, Ayacucho-2022, Lima, Perú.	Basado en un diseño experimental y enfoque cuantitativo, con muestras de 45 probetas cilíndricas y 15 vigas. Pruebas de laboratorio: asentamiento, temperatura y resistencia a la compresión.	El Hormigón con un 1.5% de fibra de mazorca de cacao mejoró la resistencia a la compresión a 335.6 kg/cm ² en comparación con 309.2 kg/cm ² del concreto estándar, y un 3.0% de fibra aumentó la resistencia a la flexión a 42.10 kg/cm ² frente a 30.61 kg/cm ² .	Adicionar las fibras de mazorca de cacao puede mejorar las propiedades mecánicas del hormigón, sugiriendo su viabilidad en aplicaciones constructivas sostenibles.	Gómez H, Alfredo. 2022.
Mazorca de Cacao	Influencia de fibra de cacao en el concreto $f'c=280 kg/cm^2$ con agregados de la cantera Gutarra Romero del distrito de Pangoa 2023, Lima Perú.	Se empleó un método cuantitativo y aplicativo con un diseño experimental, utilizando el agregado de la cantera Gutarra Romero. Se evaluaron distintos porcentajes de fibras de cacao (1%, 2% y 3%) como reemplazo parcial del cemento Portland, con un periodo de curado de 7, 14 y 28 días.	Los resultados mostraron que el porcentaje óptimo de fibra de cacao para mejorar la Resistencia a la Compresión fue el 2% . La Resistencia a la Flexión mejoró con la adición de fibras de cacao, siendo el 2% el porcentaje más efectivo	La fibra de cacao influye positivamente en la resistencia a compresión y flexión del concreto. El uso de un 2% de fibra de cacao se considera el más efectivo para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	Chuquillanqui E, Bryan. 2023.

Tallo del Banano	Diseño de pavimento rígido agregando fibra de tallo de plátano - AAHH Campo Amor- Zarumilla - Tumbes - 2021, Lima Perú.	Se empleo un diseño de investigación experimental, seleccionando muestras de concreto con el 2%,3% de fibra de tallo de plátano, evaluando la resistencia a la compresión del concreto.	Las probetas con 2% de fibra cumplieron con los requisitos de resistencia para pavimentos rígidos, mientras que el 3% presentó un rendimiento inferior.	El uso de 2% de fibra de tallo de plátano para la construcción de losas de concreto hidráulico es el adecuado. La fibra de tallo de plátano mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto.	Ruiz C, Mitc. 2021
------------------	---	---	---	--	--------------------

1.4 Definición del problema

El elevado costo de las viviendas, combinado con los bajos ingresos de las familias, ha llevado a muchos hogares a optar por construcciones improvisadas de baja calidad. Esto se debe a que un gran número de familias ecuatorianas no tiene la capacidad financiera para acceder a una vivienda digna (MIDUVI, 2010).

Con la implementación de esta nueva modalidad de preparar hormigones para la construcción de viviendas con agregados orgánicos con la mazorca de caco y el tallo de banano, principalmente para los sectores más necesitados de la sociedad vamos a poder eliminar algunos problemas que se presentan en la actualidad y que generan un daño económico, ambiental y social en las familias de la zona.

La necesidad de construir estructuras duraderas con la obligación de reducir la huella ecológica. La producción de hormigón no solo consume grandes cantidades de energía, sino que también contribuye a la degradación de ecosistemas debido a la extracción intensiva de materiales como arena y grava. Esto plantea preguntas sobre la sostenibilidad a largo plazo de las prácticas actuales en la construcción (Herrera & Vilema, 2019).

El cantón Babahoyo cuenta actualmente con un total de 30.522 viviendas, detallado de la siguiente manera: casa o villa 23.919, departamento 2.209, cuartos 1.210, mediagua 942, rancho 2.153, covacha 56, choza 1, otro 32 (Instituto Nacional de Estadística y Censos 2022).

1.5 Justificación

En la ciudad de Babahoyo, especialmente en la zona rural se evidencia un déficit habitacional cualitativo (viviendas recuperables) de 39.82% y un déficit habitacional cuantitativo (vivienda irrecuperable) de 29.82%, (SIN, 210). Con la implementación de esta nueva modalidad de preparar hormigones para la construcción de viviendas de interés social, principalmente para los sectores más necesitados de la sociedad vamos a poder eliminar algunos problemas que se presentan en la actualidad y generan un daño económico, ambiental y social en las familias de la zona como son:

Disminución de Costos de Construcción: El uso de materiales reciclados, como la fibra del tallo del banano y restos de mazorcas de cacao, reduce la dependencia de agregados tradicionales más costosos, lo que abaratará la producción de hormigón.

Reducción de desperdicios en el sector Agroindustrial: La provincia de Los Ríos, líder en producción de banano y cacao, genera grandes cantidades de residuos orgánicos. Reutilizarlos minimiza el impacto ambiental y evita la contaminación de fuentes de agua.

Economía Circular entre agricultura y construcción: La integración de residuos agrícolas en la construcción promueve una economía circular, reutilizando desechos en la edificación de viviendas de interés social.

Sostenibilidad en el sector de la Construcción: El uso de residuos orgánicos disminuye la extracción intensiva de recursos naturales y reduce la huella de carbono del hormigón, mejorando la sostenibilidad en la construcción.

Aplicación de Materiales que presentan nuevas características: Los nuevos materiales reciclados aportan propiedades mejoradas al hormigón, como costos reducidos, mayor resistencia, flexibilidad y durabilidad, especialmente en climas cálidos.

Generación de nuevos empleos Locales: La recolección, almacenamiento, procesamiento y transporte de agregados reciclados generarán empleo en comunidades agrícolas, beneficiando a familias en situación de pobreza.

Concientización ambiental de sus habitantes: El uso de desechos agrícolas fomenta la conciencia sobre prácticas sostenibles, promoviendo la aceptación de estrategias más amigables con el medio ambiente.

Este proyecto contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente al ODS 1 (Fin de la Pobreza), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 12 (Producción y consumo responsables).

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Analizar la resistencia a la compresión en hormigones de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ mediante la evaluación de hormigones elaborados con agregados orgánicos para la reducción de los costos de viviendas de interés social en el cantón Babahoyo en la provincia de Los Ríos.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar ensayos en diferentes proporciones con materiales orgánicos reciclados no tradicionales revisando su comportamiento a la resistencia a la compresión.
- Evaluar las propiedades mecánicas y resistencia a la compresión de los hormigones con agregados orgánicos vs el hormigón tradicional.
- Analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de hormigones preparados con agregados orgánicos.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 El hormigón como material de construcción.

El hormigón es uno de los materiales compuestos más empleados en la industria de la construcción, debido a su versatilidad. En estado fresco, presenta plasticidad, lo que facilita su manejo y adaptación al molde. Una vez endurecido, el hormigón exhibe propiedades mecánicas que le confieren resistencia y durabilidad, permitiéndole soportar las condiciones ambientales y las cargas a las que estará sometido.

Este material se obtiene mediante la mezcla de cemento (aglomerante), agregados finos, gruesos y agua. En la mezcla también puede incorporarse aire de manera involuntaria, así como aditivos para mejorar sus propiedades físico - químicas. A través del proceso de fraguado, el hormigón se endurece, alcanzando características comparables a las de las piedras naturales.

2.1.2 Componentes del Hormigón.

Los agregados constituyen aproximadamente tres cuartas partes de la mezcla del hormigón y se extraen de manera natural de canteras. No obstante, para garantizar su idoneidad en la fabricación de hormigón, es fundamental que estos materiales cumplan con las especificaciones técnicas establecidas en la norma NTE INEN 872 (2011). Según esta norma, los agregados, tanto finos como gruesos, deben estar libres de materia orgánica y de cualquier otra impureza que pueda afectar el comportamiento de la mezcla. Además, se requiere que presenten propiedades como dureza, durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas, así como una distribución granulométrica uniforme garantizando su trabajabilidad y calidad de su mezcla (Ronquillo & Verdugo, 2019).

El agua es otro componente esencial en la formulación de la mezcla, ya que su función principal es facilitar la trabajabilidad de esta. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo sobre Estructuras de Hormigón Armado (NEC-SE-HM, 2015), se recomienda utilizar agua apta para el consumo humano. Esto asegura que el agua esté libre de impurezas y contaminantes que puedan perjudicar la interacción con el cemento y, por ende, afectar la calidad del hormigón.

- **Cemento portland.**

El cemento Portland producido en Ecuador se caracteriza por su alta calidad y cumplimiento de normas internacionales. Se fabrica principalmente a partir de Clinker de cemento Portland, caliza y yeso, lo que le confiere propiedades adecuadas para diversas aplicaciones en construcción. La industria del cemento en Ecuador ha adoptado tecnologías modernas para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Además, el cemento ecuatoriano es ampliamente utilizado en proyectos de infraestructura debido a su resistencia y durabilidad.

En nuestro proyecto final de esta Maestría, se utilizó cemento tipo GU, uno de los más utilizados en el sector de la costa ecuatoriana principalmente en la ciudad de Babahoyo. Dicho cemento cumple con las normas establecidas en la construcción ecuatoriana. Es muy importante tener en cuenta las condiciones de almacenamiento de este tipo de material el cual debe siempre estar en condiciones seca, libre de contacto con la humedad .

- **Árido fino (arena).**

Se recomiendan áridos finos de tipo sílice, así como calizas sólidas y densas; sin embargo, la arena más efectiva proviene de ríos. Según la normativa vigente el árido fino es aquel pasa por el tamiz de 4,75 mm (No. 4) y es retenida en el tamiz de 75 μ m (No. 200).

Tabla 2.1 Gradación del árido fino INEN 872

Tamiz (NTE INEN 154)	Porcentaje que pasa
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	5 a 30
150 µm	0 a 10

- **Árido grueso (grava-ripio).**

Se considera árido grueso a aquel que supera los 4,75 mm . En el caso del agregado grueso es importante que sea triturado porque esto ayuda en el momento de la resistencia que se genera al combinarlo con el cemento.

En el caso de su granulometría, se considera agregado grueso aquel material que queda en el tamiz de 4,75 mm (No. 4)

Tabla 2.2 Gradación de áridos gruesos (INEN 872).

Tamaño Nominal (tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 um
de 90 a 37.5	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--	--
de 63 a 37.5	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5		--				
de 50 a 25.0	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 15	--				
de 50 a 4.75	--			100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5			
de 37.5 a 19.0					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		--			
de 37.5 a 4.75					100	95 a 100	40 a 85	35 a 70	0 a 15		0 a 5			
de 25.0 a 12.5						100	--	20 a 55	--		--			
de 25.0 a 4.75						100	90 a 100	40 a 85	0 a 15	0 a 15	0 a 5			
de 25.0 a 4.75						100	90 a 100	--	20 a 55	--	0 a 10	0 a 5		
de 19.0 a 9.5							100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--		
de 19.0 a 4.75								90 a 100	85 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5		

de 12.5 a 4.75								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
de 9.5 a 2.36									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
de 9.5 a 1.18									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
de 4.75 a 1.18										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

- **Granulometría de los agregados.**

Es importante anotar que todos los agregados utilizados deben cumplir con las pruebas granulométricas cumpliendo con la normativa vigente con la finalidad de obtener la mejor resistencia posible en la fabricación del hormigón propuesto.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 696) para el análisis granulométrico de áridos finos y gruesos, muestra la secuencia de tamices definida por la normativa vigente . Toda esta clasificación se aplica tanto a áridos finos como gruesos, establece el punto de separación a partir del tamiz N° 4.

Tabla 2.3 Secuencia de Tamices para áridos finos y gruesos INEN 696

N° de Tamices	Abertura Tamiz (mm)
2 "	50
1 ½"	37.5
1"	25
¾"	19
½"	12.5
3/8"	9.5
N°4	4.75
N°8	2.38
N°10	2
N°16	1.19
N°20	0.84
N°30	0.59
N°40	0.42
N°50	0.297
N°60	0.246
N°80	0.177
N°100	0.149
N°200	0.074

2.1.3 Proceso de fabricación del Hormigón convencional.

El hormigón puede ser mezclado de manera manual o mecánica, utilizando equipos específicos conocidos como concretadoras. Tras el proceso de mezclado, es esencial transportar y verter el hormigón mientras se encuentra en estado plástico y de forma continua, con el objetivo de lograr un elemento monolítico. Durante esta fase, es crucial llevar a cabo la compactación del hormigón, que consiste en eliminar el aire atrapado. La presencia de aire puede generar vacíos que comprometen la resistencia del material. Investigaciones indican que el aire en la mezcla puede disminuir su resistencia hasta un 20%, por lo que es fundamental realizar un vibrado adecuado para preservar las propiedades del hormigón (Rotondaro, 2016). Este proceso se basa en la aplicación de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1576 “Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo”.

2.1.4 Propiedades físicas y químicas del hormigón convencional en estado fresco.

El hormigón fresco se refiere a la condición plástica que presenta el material inmediatamente después de su mezcla. Una de las características más relevantes de este estado es su trabajabilidad, lo que facilita su manipulación desde la elaboración hasta el momento de vaciarlo (Burner, 2011).

Asimismo, el hormigón fresco debe ser consistente, homogéneo y uniforme, asegurando que todas las partes de la mezcla mantengan propiedades similares. Sin embargo, esta uniformidad puede verse comprometida durante las etapas de manipulación, transporte y vaciado, lo que puede provocar la separación de sus componentes según el tamaño y la densidad de las partículas (Cando, 2016).

2.1.5 Propiedades del hormigón en estado seco o endurecido.

Con el tiempo, el material cementante pasa por un proceso químico denominado fraguado, que provoca la solidificación de la mezcla y la adquisición de nuevas propiedades tanto físicas como mecánicas. Según Cando (2016), a los siete días de curado, el hormigón puede alcanzar entre el 70 % y el 80 % de su resistencia final. Esto permite prever si el hormigón cumplirá con las especificaciones de resistencia para las cuales fue diseñado, por lo que a partir de este momento se realizan ensayos para evaluar su comportamiento mecánico.

Una de las características fundamentales del hormigón en términos de su comportamiento mecánico es su capacidad para resistir esfuerzos de compresión. Este valor es crucial para el cálculo y diseño estructural de edificaciones (Osorio, 2018).

2.1.6 Hormigón con agregados orgánicos.

Se entiende por hormigones con agregados orgánicos al material compuesto a partir de la sustitución total o parcial de los agregados naturales por agregados orgánicos como por ejemplo cáscara de mazorca de cacao y tallo del banano. Este tipo de materiales deben estar sujetos a un proceso de limpieza, lavado y trituración a fin de garantizar que sean aptos para incluirlos en las mezclas propuestas.

2.1.7 Propiedades de los agregados orgánicos.

Los agregados orgánicos representan una alternativa viable y sostenible para la industria de la construcción. Su incorporación en mezclas de hormigón puede mejorar diversas propiedades mecánicas y físicas, al tiempo que contribuyen a la protección del medio ambiente. Sin embargo, es fundamental realizar estudios específicos para determinar las proporciones adecuadas y su comportamiento en diferentes aplicaciones.

2.1.8 Propiedades mecánicas del hormigón.

Las propiedades mecánicas del hormigón según la norma INEN 694-2010, incluyen varias características clave que determinan su comportamiento estructural. Algunas de las principales propiedades mecánicas son:

- **Resistencia a la Compresión:** El hormigón presenta una capacidad que le permite que cargas axiales puedan ser soportadas eficientemente. Se mide en megapascals (MPa) y es una de las propiedades más importantes. La resistencia a la compresión es fundamental para el diseño de estructuras, ya que ayuda a calcular el tamaño y la cantidad de hormigón necesario para soportar las cargas que se aplicarán durante su vida útil.
- **Resistencia a la Tracción:** Es importante destacar que el hormigón actúa favorablemente en condiciones a compresión, pero no a tracción. Esta propiedad se mide mediante pruebas de tracción indirecta, como el ensayo de cilindros.

- **Módulo de Elasticidad:** Representa la rigidez del hormigón y se refiere a la relación entre el esfuerzo y la deformación en la región elástica. Se expresa en gigapascuales (GPa).
- **Ductilidad:** Aunque el hormigón es generalmente considerado un material frágil, algunas mezclas especiales pueden mejorar su ductilidad, permitiendo deformaciones sin falla inmediata.
- **Resistencia a la Flexión:** Se refiere a la capacidad del hormigón para resistir fuerzas que intentan doblarlo. Se mide mediante ensayos de flexión en vigas.
- **Resistencia al Desgaste:** Evalúa la capacidad del hormigón para resistir la abrasión y el desgaste por fricción, fundamental en pavimentos y superficies expuestas.
- **Durabilidad:** Aunque no es una propiedad mecánica en sentido estricto, la durabilidad se refiere a la capacidad del hormigón para resistir la acción del tiempo, condiciones ambientales y agresiones químicas.
- **Resistencia a la Impacto:** Mide la capacidad del hormigón para resistir cargas de impacto súbitas, como las que pueden ocurrir en estructuras sometidas a golpes.

2.1.9 Propiedades físicas del hormigón.

Las propiedades físicas del hormigón según las normas INEN 694-2010 son:

- **Densidad:** Se refiere a la masa por unidad de volumen del hormigón. La densidad normal del hormigón oscila entre 2,200 y 2,500 kg/m³, aunque puede variar según los materiales utilizados.
- **Absorción de Agua:** Indica la capacidad del hormigón para absorber agua, lo que puede afectar su durabilidad y resistencia. Se mide como el porcentaje de aumento de peso después de la inmersión en agua.
- **Porosidad:** Es la cantidad de poros o espacios vacíos en el hormigón, que influye en su durabilidad y resistencia. La porosidad se relaciona directamente con la absorción de agua.
- **Permeabilidad:** Se refiere a la capacidad del hormigón para permitir el paso de agua a través de él. Una menor permeabilidad es deseable para mejorar la durabilidad.

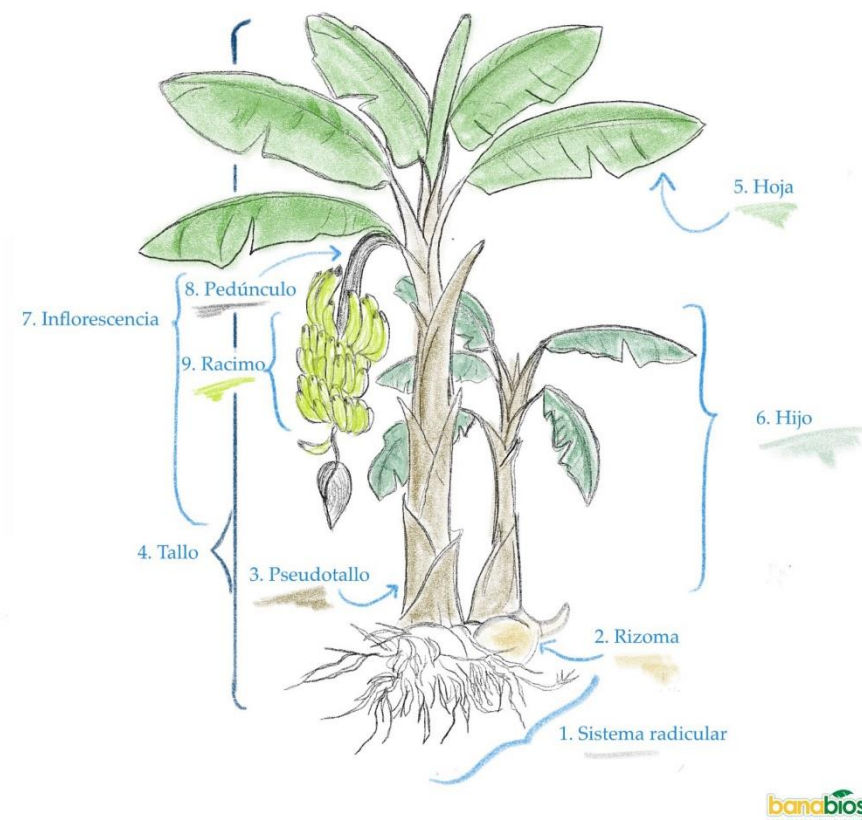
- **Color:** Aunque no es una propiedad mecánica, el color del hormigón puede ser importante para fines estéticos y de diseño. Puede variar según los materiales utilizados.
- **Granulometría:** Describe la distribución del tamaño de las partículas de los agregados en la mezcla. Una adecuada granulometría es crucial para la resistencia y trabajabilidad del hormigón.
- **Tiempo de Fraguado:** Se refiere al tiempo que tarda el hormigón en pasar de un estado plástico a uno sólido, lo que es importante para la planificación de la construcción.

2.1.10 El Banano.

El banano es uno de los productos agrícolas más importantes de Ecuador, y su proceso de producción genera grandes cantidades de residuos, como el pedúnculo de banano, que representa el 13 % del peso total del racimo. El tallo de banano o también denominado raquis, pinzote, vástago o pedúnculo tiene una forma helicoidal y cumple la función de sostener los racimos. Además, se ha demostrado que es un eficaz controlador de plagas y patógenos, siendo más beneficioso como lixiviado que como compostaje (Chávez, 2017). En el ámbito de la construcción, el tallo de banano se ha considerado como un material alternativo para la fabricación de hormigón. Su inclusión puede mejorar ciertos aspectos mecánicos del material, ofreciendo una opción sostenible que reutiliza residuos agrícolas.



Figura 2.1 Planta de banano.



2.1.11 El cacao

Por otro lado, el cacao es una planta nativa de bosques exóticos de América del sur, ya que su origen se encuentra en las regiones hidrográficas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, que pertenecen al río Amazonas (MINAGRI, 2016).

La mazorca de cacao es una parte fundamental de la planta de cacao que tiene una forma alargada y ovalada. Su cáscara es gruesa y puede ser de varios colores, incluyendo amarillo, naranja y púrpura, dependiendo de la variedad. Las cosechas se realizan a mano cuando están maduras y cada mazorca puede contener entre 20 y 50 gramos de cacao.

Las fibras de la cascara de cacao utilizadas como refuerzo secundario en el concreto se pueden clasificar de dos maneras: por tipo de material y por características de funcionalidad, geometría y dosificación.



Figura 2.2 Planta de cacao.

2.2 Marco metodológico

Este trabajo de investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo, que permitirá realizar ensayos de compresión sobre hormigón elaborado con agregados orgánicos, como la mazorca de cacao y el tallo de banano, en diversas proporciones. El objetivo es medir y comparar la resistencia a la compresión del hormigón convencional frente al hormigón con agregados orgánicos. Para ello, se llevó a cabo las siguientes actividades:

1. Análisis del tipo de investigación que se propone realizar.
2. Dosificación y tipo de mezclas a utilizarse en los cilindros.
3. Trabajo de campo, recolección del material orgánico (mazorcas de cacao y tallo de banano).
4. Secado del material orgánico (21 días).
5. Trituración y tamizado del material orgánico.
6. Trabajo de laboratorio, realización de cilindros a diferentes fechas (7,14 y 28 días).
7. Rotura de los cilindros (ensayo a la compresión en diferentes fechas programadas).
8. Tabulación de datos obtenidos.
9. Solución a diseñar y elaboración de la propuesta.
10. Conclusiones y recomendaciones.

2.2.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en el cantón Babahoyo, en la provincia de Los Ríos, e incluyó varias etapas esenciales para la recolección y procesamiento de materiales orgánicos, como cáscaras de mazorca de cacao y tallos de banano. Estas materias primas se utilizaron como agregados en la mezcla de hormigón, y su análisis permitió determinar propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión.

La recolección se realizó en colaboración con agricultores locales de la Parroquia Caracol, quienes proporcionaron los residuos generados en sus procesos productivos. Se registraron las condiciones de ambas materias primas a utilizarse en esta investigación, buscando que mantengan su condición adecuada porque en muchos casos se encuentra este tipo de desecho en estado pútrido debido al tiempo que ha transcurrido desde su corte.

Posteriormente, los materiales orgánicos fueron sometidos a un proceso de secado al aire libre durante 21 días. Este paso es crucial para eliminar la humedad presente en los elementos orgánicos, asegurando que estén listos para las etapas posteriores del procesamiento.

Después del secado, se procedió a la trituration de las mazorcas de cacao y los tallos de banano:

- Mazorcas de Cacao: El proceso de trituration se realizó manualmente como se aprecia en la Figura 2.3, utilizando un combo de 5kg para desintegrar el material, que originalmente presenta un tamaño considerable.



Figura 2.3 Mazorca de cacao triturada.

- Tallos de Banano: Estos fueron cortados en trozos más pequeños y triturados en una licuadora, logrando una desintegración adecuada que resultó en fibras en forma de hilachas como se puede observar en la Figura 2.4. Este formato facilita su incorporación en la nueva composición del hormigón.



Figura 2.4 Trozos de tallo de banano.

2.2.2 Trabajo de Laboratorio o Gabinete

Para la realización de las probetas cilíndricas se utilizaron las normas NTE INEN 1576 (ASTM C31), y la NTE INEN 1573 (ASTM C39) para el ensayo a compresión. La dosificación del hormigón tradicional de 210 kg/cm² es obtenida de un diseño de hormigón de resistencia de 210 kg/cm² de la compañía CONSEES CIA.LTDA para la ejecución del proyecto “LRS CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO PRINCIPAL CNEL LOS RIOS y se explica en la Tabla 2.4 al igual que los agregados como son la arena y piedra triturada.

Tabla 2.4. Dosificación del hormigón tradicional de 210 kg/cm²

AGREGADOS TRADICIONALES	HORMIGON 210 kg/cm² (1 m³)	CILINDRO 210 kg/cm² (100 X 200 mm)
cemento (kg)	373	0.59
agua (lts)	220	0.35
piedra (kg)	1.001	1.57
arena (kg)	666	1.05

A continuación, se detalla el trabajo de laboratorio con las diferentes mezclas:

1. Como primer paso se pesa los agregados como se observa en la Figura 2.5 según la dosificación previamente establecida en la Tabla 2.5 donde se explican cada una las mezclas y proporciones de los agregados a utilizarse. Esta etapa es crucial para garantizar que la mezcla cumpla con las proporciones requeridas para cada tipo de hormigón.



Figura 2.5 Pesado de Agregados.

2. Los agregados una vez pesados, se mezclan (arena, ripio, cemento, agua y los agregados orgánicos a utilizarse) en una bandeja como se aprecia en la Figura 2.6, asegurando una distribución uniforme de los materiales. Esta mezcla debe ser homogénea para lograr las propiedades mecánicas como es la resistencia a la compresión deseada en el hormigón.



Figura 2.6 Mezclado de Agregados.

3. Una vez lista la mezcla, previo a la elaboración de los cilindros se precede con la prueba de asentamiento de acuerdo con la norma ACI 211.1.
4. El hormigón se vierte en los cilindros de ensayo (medidas: 100mm x 200mm) con un numero descrito en la Tabla 2.6 llenándolos en tres capas. Cada capa se compacta mediante 25 golpes de varilla para asegurar una textura homogénea y eliminar posibles burbujas de aire como se observa en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Preparación de cilindros.

5. Una vez vertido, se permite que los cilindros fragüen en un ambiente controlado durante períodos de 7, 14 y 28 días como se observa en la Figura 2.8. Este curado es esencial para el desarrollo de la resistencia del hormigón.



Figura 2.8 Fraguado de cilindros.

6. Al finalizar los períodos de curado, los cilindros fueron trasladados al laboratorio como se aprecia en la Figura 2.9, donde se someterán a pruebas de rotura para evaluar su resistencia a la compresión.



Figura 2.9 Ensayo de cilindros en laboratorio.

7. Se tabulan las resistencias obtenidas en las pruebas a los 7, 14 y 28 días como se describe en la Tabla 2.5, permitiendo un análisis comparativo de la eficacia de las diferentes proporciones de hormigón elaboradas con agregados orgánicos y tradicionales.

Tabla 2.5. Diferentes mezclas con agregados orgánicos.

MEZCLA 1 "MAZORCA DE CACAO" (disminuye arena y reemplaza con M.C)		10%	20%	40%
Agregados	Cilindro (100 x 200 mm) (mezcla original)	menos 10% de arena + 10% agregado orgánico	menos 20% de arena + 20% agregado orgánico	menos 40% de arena + 40% agregado orgánico
cemento (kg)	0.59	0.59	0.59	0.59
agua (lts)	0.35	0.35	0.35	0.35
piedra (kg)	1.57	1.57	1.57	1.57
arena (kg)	1.05	0.94	0.84	0.63
Mazorca de cacao (kg) (+)	-	0.10	0.21	0.42
Se dosificarán 2 cilindros por cada dosificación				

MEZCLA 2 "MAZORCA DE CACAO" (igual mezcla y aumenta M.C)		10%	20%	40%
Agregados	Cilindro (100 x 200 mm)	más 10% de agregado orgánico (sin restar arena)	más 20% de agregado orgánico (sin restar arena)	menos 40% de arena + 40% agregado orgánico
cemento (kg)	0.59	0.59	0.59	0.59
agua (lts)	0.35	0.35	0.35	0.35
piedra (kg)	1.57	1.57	1.57	1.57
arena (kg)	1.05	1.05	1.05	0.63
Mazorca de cacao (kg) (+)	-	0.10	0.21	0.42
Se dosificarán 2 cilindros por cada dosificación				

MEZCLA 3 "TALLO DE BANANO" (disminuye arena y reemplaza con T.B)		10%	20%	40%
Agregados	Cilindro (100 x 200 mm)	menos 10% de arena + 10% agregado orgánico	menos 20% de arena + 20% agregado orgánico	menos 40% de arena + 40% agregado orgánico
cemento (kg)	0.59	0.59	0.59	0.59
agua (lts)	0.35	0.35	0.35	0.35
piedra (kg)	1.57	1.57	1.57	1.57
arena (kg)	1.05	0.94	0.84	0.63
Tallo de Banano (kg) (+)	-	0.10	0.21	0.42
Se dosificarán 2 cilindros por cada dosificación				

MEZCLA 4 "TALLO DE BANANO" (igual mezcla y aumenta M.C)		10%	20%	40%
Agregados	Cilindro (100 x 200 mm)	más 10% de agregado orgánico (sin restar arena)	más 20% de agregado orgánico (sin restar arena)	más 40% de agregado orgánico (sin restar arena)
cemento (kg)	0.59	0.59	0.59	0.59
agua (lts)	0.35	0.35	0.35	0.35
piedra (kg)	1.57	1.57	1.57	1.57
arena (kg)	1.05	1.05	1.05	1.05
Tallo de Banano (kg) (+)	-	0.10	0.21	0.42
Se dosificarán 2 cilindros por cada dosificación				

Tabla 2.6. Número de cilindros para cada una de las mezclas

Tipo de mezcla (7 días)	Agregado Orgánico	Numero de cilindros
MEZCLA No. 1		
10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	Mazorca de cacao	2
20% menos de arena+20% de agregado orgánico.		2
40% menos de arena+40% de agregado orgánico.		2

MEZCLA No. 2		
Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	Mazorca de cacao	2
Sin restar arena+20% de agregado orgánico.		2
Sin restar arena+40% de agregado orgánico.		2
	Rotura de cilindros Subtotal 1 (cacao) Hormigón a los 7 días	12
MEZCLA No. 3		
10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	Tallo de banano	2
20% menos de arena+20% de agregado orgánico.		2
40% menos de arena+40% de agregado orgánico.		2
MEZCLA No. 4		
Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	Tallo de banano	2
Sin restar arena+20% de agregado orgánico.		2
Sin restar arena+40% de agregado orgánico.		2
	Rotura de cilindros Subtotal 2 (Banano) Hormigón a los 7 días	12
	Total, cilindros a los 7 días (subtotal 1 + subtotal 2)	24
Tipo de mezcla (14 días)	Agregado Orgánico	Numero de cilindros
MEZCLA No. 1		
10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	Mazorca de cacao	2
20% menos de arena+20% de agregado orgánico.		2
40% menos de arena+40% de agregado orgánico.		2
MEZCLA No. 2		
Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	Mazorca de cacao	2
Sin restar arena+20% de agregado orgánico.		2
Sin restar arena+40% de agregado orgánico.		2
	Rotura de cilindros Subtotal 1 (cacao) Hormigón a los 14 días	12
MEZCLA No. 3		
10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	Tallo de banano	2
20% menos de arena+20% de agregado orgánico.		2
40% menos de arena+40% de agregado orgánico.		2
MEZCLA No. 4		
Sin restar arena+10% de agregado orgánico.		2

Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	Tallo de banano	2
Sin restar arena+40% de agregado orgánico.		2
	Rotura de cilindros Subtotal 2 (Banano) Hormigón a los 14 días	12
	Total, cilindros a los 14 días (subtotal 1 + subtotal 2)	24
Tipo de mezcla (28 días)	Agregado Orgánico	Numero de cilindros
MEZCLA No. 1		
10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	Mazorca de cacao	2
20% menos de arena+20% de agregado orgánico.		2
40% menos de arena+40% de agregado orgánico.		2
MEZCLA No. 2		
Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	Mazorca de cacao	2
Sin restar arena+20% de agregado orgánico.		2
Sin restar arena+40% de agregado orgánico.		2
	Rotura de cilindros Subtotal 1 (cacao) Hormigón a los 28 días	12
MEZCLA No. 3		
10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	Tallo de banano	2
20% menos de arena+20% de agregado orgánico.		2
40% menos de arena+40% de agregado orgánico.		2
MEZCLA No. 4		
Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	Tallo de banano	2
Sin restar arena+20% de agregado orgánico.		2
Sin restar arena+40% de agregado orgánico.		2
	Rotura de cilindros Subtotal 2 (Banano) Hormigón a los 28 días	12
	Total, cilindros a los 28 días (subtotal 1 + subtotal 2)	24

- TOTAL DE CILINDROS A LOS 7 DIAS = 24
- TOTAL DE CILINDROS A LOS 14 DIAS = 24
- TOTAL DE CILINDROS A LOS 28 DIAS = 24

TOTAL DE CILINDROS ELABORADOS = 72 cilindros.

2.2.3. Tabulación de datos

Una vez que los cilindros cumplieron con el tiempo de curado establecidos en cada caso, se procedió a la rotura en el laboratorio de resistencia de materiales donde se pudo determinar la resistencia a la compresión de los hormigones elaborados con los agregados orgánicos comparados con la resistencia del hormigón tradicional de 210 kg/cm², asegurando que se cumplan las normas técnicas del caso.

En la Tabla 2.6 se observa el detalle del número de cilindros de prueba para cada una de las mezclas propuestas, utilizando tanto la mazorca de cacao como el tallo de banano. Esto generó la cantidad de cilindros detallada.

En la Tabla 2.7 se presenta el análisis de los datos de los resultados obtenidos después de la rotura de los cilindros detallados a continuación:

Tabla 2.7 Resultados de ensayos a la compresión.

CILINDROS CON MAZORCA DE CACAO A LOS 7 DIAS									
N°	% de Agregado Orgánico	N° de Cilindro	Peso	Altura	diámetro	área	resistencia esperada	carga aplicada	resistencia obtenida
			(gr)	(cm)	(cm)	cm²	(kg/cm²)	(Kg)	kg/cm²
MEZCLA No. 1									
1	10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	1	3809,3	20,16	10,16	81,07	210	240	3,0
		2	3908,9	20,16	10,16	81,07	210	229	2,8
2	20% menos de arena+20% de agregado orgánico.	1	3355,2	20,16	10,16	81,07	210	220	2,7
		2	3354,1	20,16	10,16	81,07	210	217	2,7
3	40% menos de arena+40% de agregado orgánico.	1	3110,9	20,16	10,16	81,07	210	170	2,1
		2	3108,9	20,16	10,16	81,07	210	168	2,1
MEZCLA No. 2									
1	Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	1	3411,2	20,16	10,16	81,07	210	250	3,1
		2	3411,1	20,16	10,16	81,07	210	245	3,0
2	Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	1	3321,3	20,16	10,16	81,07	210	160	2,0
		2	3321,2	20,16	10,16	81,07	210	170	2,0
3	Sin restar arena+40% de agregado orgánico.	1	3154,5	20,16	10,16	81,07	210	160	2,0
		2	3154,5	20,16	10,16	81,07	210	160	2,0

CILINDROS CON TALLO DE BANANO A LOS 7 DIAS									
N°	% de Agregado Orgánico	N° de Cilindro	Peso	Altura	diámetro	área	resistencia esperada	carga aplicada	resistencia obtenida
			gr	cm	cm	cm²	kg/cm²	Kg	kg/cm²
MEZCLA No. 3									
1	10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	1	3510,5	20,16	10,16	81,07	210	8.512	105,0
		2	3510,2	20,16	10,16	81,07	210	8.510	104,97
2	20% menos de arena+20% de agregado orgánico.	1	3345,4	20,16	10,16	81,07	210	3.850	47,5
		2	3345,1	20,16	10,16	81,07	210	3.842	47,39
3	40% menos de arena+40% de agregado orgánico.	1	3402,5	20,16	10,16	81,07	210	420	5,2
		2	3402,0	20,16	10,16	81,07	210	415	5,11
MEZCLA No. 4									
1	Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	1	3641,2	20,16	10,16	81,07	210	7.685	94,8
		2	3641,0	20,16	10,16	81,07	210	7.682	94,76
2	Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	1	3441,6	20,16	10,16	81,07	210	2.886	35,6
		2	3441,2	20,16	10,16	81,07	210	2.885	35,59
3	Sin restar arena+40% de agregado orgánico.	1	3331,7	20,16	10,16	81,07	210	430	5,3
		2	3331,7	20,16	10,16	81,07	210	430	5,3

CILINDROS CON MAZORCA DE CACAO A LOS 14 DIAS									
N°	% de Agregado Orgánico	N° de Cilindro	Peso	Altura	diámetro	área	Resistencia esperada	Carga aplicada	resistencia obtenida
			gr	cm	cm	cm²	kg/cm²	Kg	kg/cm²
MEZCLA No. 1									
1	10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	1	3561,2	20,16	10,16	81,07	210	170	2,1
		2	3559,0	20,16	10,16	81,07	210	150	1,8
2	20% menos de arena+20% de agregado orgánico.	1	3421,1	20,16	10,16	81,07	210	190	2,3
		2	3421,0	20,16	10,16	81,07	210	180	2.2
3	40% menos de arena+40% de agregado orgánico.	1	3225,8	20,16	10,16	81,07	210	210	2,6
		2	3225,0	20,16	10,16	81,07	210	225	2,8
MEZCLA No. 2									
1	Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	1	3841,5	20,16	10,16	81,07	210	230	2,8
		2	3481,1	20,16	10,16	81,07	210	250	3.0
2	Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	1	3552,4	20,16	10,16	81,07	210	280	3,5
		2	3550,9	20,16	10,16	81,07	210	270	3.3
3	Sin restar arena+40% de agregado orgánico.	1	3266,4	20,16	10,16	81,07	210	320	3,9
		2	3266,1	20,16	10,16	81,07	210	318	3,9

CILINDROS CON TALLO DE BANANO A LOS 14 DIAS									
N°	% de Agregado Orgánico	N° de Cilindro	Peso	Altura	diámetro	área	Resistencia esperada	Carga aplicada	resistencia obtenida
			(gr)	(cm)	(cm)	(cm²)	(kg/cm²)	(Kg)	kg/cm²
MEZCLA No. 3									
1	10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	1	3512,7	20,16	10,16	81,07	210	11.414	140,8
		2	3512,1	20,16	10,16	81,07	210	11.410	140,7
2	20% menos de arena+20% de agregado orgánico.	1	3355,8	20,16	10,16	81,07	210	5.293	65,3
		2	3355,2	20,16	10,16	81,07	210	5.290	65,2
3	40% menos de arena+40% de agregado orgánico.	1	3302,6	20,16	10,16	81,07	210	450	5,6
		2	3302,0	20,16	10,16	81,07	210	445	5,5
MEZCLA No. 4									
1	Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	1	3615,1	20,16	10,16	81,07	210	11.252	138,8
			3615,0	20,16	10,16	81,07	210	11.250	138,7
2	Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	1	3315,8	20,16	10,16	81,07	210	4.604	56,8
			3315,2	20,16	10,16	81,07	210	4.600	56,7
3	Sin restar arena+40% de agregado orgánico.	1	3301,9	20,16	10,16	81,07	210	340	4,2
		2	3301,9	20,16	10,16	81,07	210	340	4,2

CILINDROS CON MAZORCA DE CACAO A LOS 28 DIAS									
N°	% de Agregado Orgánico	N° de Cilindro	Peso	Altura	diámetro	área	Resistencia esperada	Carga aplicada	Resistencia obtenida
			(gr)	(cm)	(cm)	(cm²)	(kg/cm²)	(Kg)	kg/cm²
MEZCLA No. 1 (restando arena y agregándole mazorca de cacao)									
1	10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	1	3612,5	20,16	10,16	81,07	210	300	3,7
		2	3612,1	20,16	10,16	81,07	210	295	3,6
2	20% menos de arena+20% de agregado orgánico.	1	3456,8	20,16	10,16	81,07	210	320	3,9
		2	3455,1	20,16	10,16	81,07	210	310	3,8
3	40% menos de arena+40% de agregado orgánico.	1	3320,1	20,16	10,16	81,07	210	350	4,3
		2	3320,1	20,16	10,16	81,07	210	320	3,9
MEZCLA No. 2 (sin restar arena y agregando mazorca de cacao)									
1	Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	1	3615,4	20,16	10,16	81,07	210	380	4,7
		2	3614,9	20,16	10,16	81,07	210	375	4,6
2	Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	1	3552,5	20,16	10,16	81,07	210	420	5,2
		2	3550,2	20,16	10,16	81,07	210	420	5,2
3	Sin restar arena+40% de agregado orgánico.	1	3308,5	20,16	10,16	81,07	210	460	5,7
		2	3308,04	20,16	10,16	81,07	210	456	5,6

CILINDROS CON TALLO DE BANANO A LOS 28 DIAS									
Nº	% de Agregado Orgánico	Nº de cilindro	Peso	Altura	diámetro	área	Resistencia esperada	Carga aplicada	Resistencia obtenida
			(gr)	(cm)	(cm)	(cm²)	(kg/cm²)	(Kg)	kg/cm²
MEZCLA No. 3									
1	10% menos de arena+10% de agregado orgánico.	1	3711,8	20,16	10,16	81,07	210	14.438	178,1
		2	3711,5	20,16	10,16	51,07	210	14.430	178,0
2	20% menos de arena+20% de agregado orgánico.	1	3612,5	20,16	10,16	81,07	210	7.288	89,9
		2	3612,8	20,16	10,16	81,07	210	7.280	89,8
3	40% menos de arena+40% de agregado orgánico.	1	3255,8	20,16	10,16	81,07	210	340	4,2
		2	3255,5	20,16	10,16	81,07	210	350	4,3
MEZCLA No. 4									
1	Sin restar arena+10% de agregado orgánico.	1	3729,5	20,16	10,16	81,07	210	13.125	161,9
		2	3729,0	20,16	10,16	81,07	210	13.120	161,8
2	Sin restar arena+20% de agregado orgánico.	1	3564,2	20,16	10,16	81,07	210	990	82,2
		2	3564,0	20,16	10,16	81,07	210	995	12,2
3	Sin restar arena+40% de agregado orgánico.	1	3188,9	20,16	10,16	81,07	210	450	5,6
		2	3188,1	20,16	10,16	81,07	210	442	5,4

2.2.4. Solución a diseñar

Una vez realizado la rotura de los cilindros se pudo evidenciar:

- ✓ Una vez finalizada la tabulación de los datos, se observó que la Mezcla No. 3, en la cual se redujo un 10% de arena y se incorporó un 10% de fibra de tallo de banano, así como la Mezcla No. 4, que mantuvo la cantidad original de arena y también incluyó un 10% de fibra de tallo de banano, presentaron el mejor comportamiento en el contexto de esta investigación. Ambas mezclas se acercaron a los valores requeridos para la resistencia del hormigón tradicional, que es de 210 kg/cm².
- ✓ Los agregados orgánicos como son la mazorca de cacao y tallo de banano son depositados en los botaderos, donde su obtención no tiene costo alguno, para el procesamiento de estos, pero que previo a su utilización se generaron costos

mínimos de mano de obra para su recolección, secado y posterior trituración lo que si logro incidir en el costo final de los hormigones.

- ✓ Los cilindros que son elaborados con mazorca de cacao poseen una menor resistencia que los cilindros con tallo de banano lo que generó que estos cilindros se fisuren en algunos partes y tuvieron que volver a elaborarse.
- ✓ El proceso de secado de los cilindros con mazorca de cacao era más lento que el secado de los cilindros con tallo de banano.
- ✓ El acabado final de los cilindros con tallo de banano fue más uniforme en toda su superficie externa.

Por lo tanto, esta investigación de titulación para la maestría concluye que la incorporación de fibra de tallo de banano, debido a sus propiedades mecánicas, puede sustituir un porcentaje del árido fino (arena) sin comprometer la resistencia a la compresión del material. Esta solución técnica e investigativa propone un diseño de proporciones optimizadas que permitan alcanzar la resistencia a la compresión deseada, integrando material orgánico en forma de fibra de tallo de banano como un reemplazo sostenible en la formulación del hormigón.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

De todas las resistencias obtenidas en el laboratorio dentro del proceso de rotura de los cilindros podemos definir que los elementos que tuvieron un mejor comportamiento en este proyecto de investigación fueron los que se realizaron con la fibra del tallo del banano como son en la mezcla No. 3 al disminuir 10% de arena y aumentar el 10% de materia orgánica no tradicional en los hormigones con tallo de banano y en la mezcla No. 4 sin disminuir arena solo se adiciona el 10% de materia orgánica.

Una vez cumplido los tiempos establecidos en el diseño de los cilindros de hormigón y su posterior curado, a los 28 días se procedió con la rotura de los cilindros de prueba en el laboratorio donde se pudo obtener los siguientes resultados que se detallan:

Tabla 3.1 Resultados de resistencia a la compresión "tallo de banano".

MEZCLA No. 3 a los 28 días (restando arena y agregándole 10% de tallo de banano)
Resistencia = 178,1 kg/cm ² Proporción= (10% menos de arena+10% de agregado orgánico)
MEZCLA No. 4 a los 28 días (sin restar arena y agregándole 10 % de tallo de banano)
Resistencia = 161,9 kg/cm ² Proporción= (Sin restar arena+10% de agregado orgánico)

De igual manera analizando las resistencias obtenidas en las mezclas No. 3 y No.4 de este trabajo de investigación a los 28 días se procedió a calcular la relación que se generan con la resistencia del hormigón tradicional de resistencia de 210 kg/cm², como se detalla en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2 Relación que se genera con la resistencia del hormigón tradicional.

Mezcla No. 3 (Restando 10% de arena y adicionando 10% de tallo de banano)	
Resistencia máxima obtenida	178,1 kg/cm ²
Resistencia hormigón tradicional	210 kg/cm ²
relación en porcentaje obtenido entre hormigón propuesto / hormigón tradicional a 28 días	84,81%
Mezcla No. 4 (sin restar arena y adicionando 10% de tallo de banano)	
resistencia máxima obtenida	161,9 kg/cm ²
resistencia hormigón tradicional	210 kg/cm ²
relación en porcentaje obtenido entre hormigón propuesto / hormigón tradicional a 28 días	77,10%

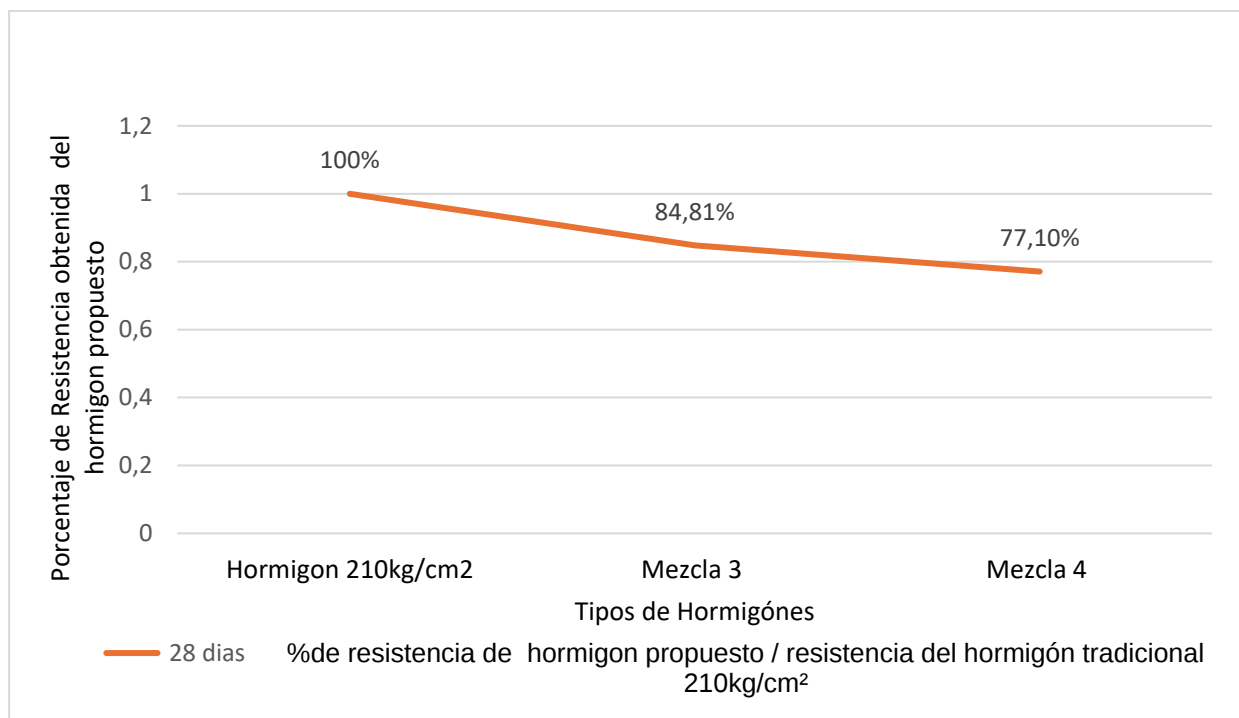


Figura 3.1 Relación entre el hormigón propuesto y el hormigón tradicional.

Por otro lado, y de acuerdo con la norma ASTM C39 y la norma ACI 318, definen las pruebas a la compresión en diferentes edades como son; 7,14 y 28 días y a su vez definen los porcentajes de resistencia máxima esperada para un hormigón de 210 kg/cm² detallada a continuación:

- ✓ 7 días: se espera que el hormigón alcance aproximadamente el 60-70% de su resistencia máxima a los 7 días, es decir 126 a 147 kg/cm². Esto puede variar según la mezcla y las condiciones de curado.
- ✓ 14 días: el hormigón usualmente alcanza entre el 80%-85%, es decir 168 a 178.5 kg/cm² de su resistencia final.
- ✓ 28 días: Este es el estándar para considerar que el hormigón ha alcanzado su resistencia característica, que suele ser del 100%. Para muchas mezclas, este es el punto de referencia para la evaluación de rendimiento.

Es así como se plantea un gráfico con las resistencias esperadas a los 7,14 y 28 días con las resistencias obtenidas como se puede observar en la Tabla 3.3 y en la Figura 3.2.

Tabla 3.3 Resistencias obtenidas a los 7,14 y 28 días

Días	Rango de resistencias según Norma ASTM C39 y ACI 318		Hormigón 210 kg/cm ²	Mezcla 3 (kg/cm ²)	Mezcla 4 (kg/cm ²)
	(kg/cm ²)	%			
7 días	126 - 147	60 - 70	126	105	94.8
14 días	168 – 178,5	80 - 85	168	140.8	138.8
28 días	210	100	210	178.1	161.9

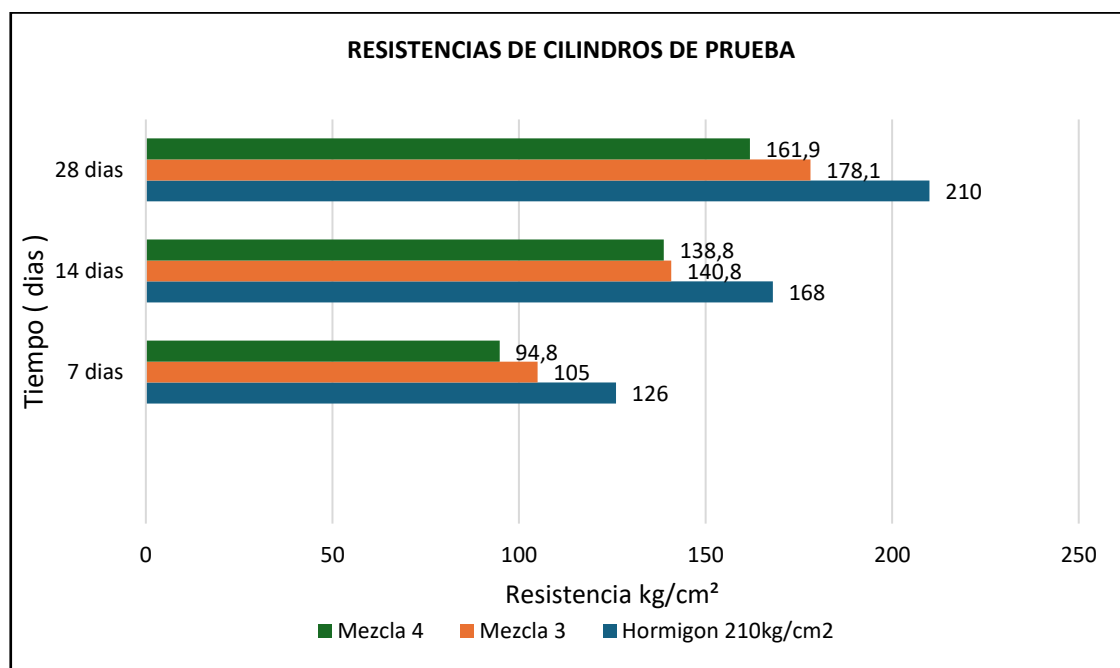


Figura 3.2 Resistencia de cilindros de prueba.

Es importante destacar que dentro de este proceso de investigación se analizaron 4 mezclas con las dosificaciones que se detallan a continuación:

- Mezcla No. 1 - restando 10%, 20% y 40% de arena y adicionándole agregado orgánico de mazorca de cacao en mismos porcentajes (3 dosificaciones)
- Mezcla No. 2 - sin restar arena se adicionó 10%, 20% y 40% de agregado orgánico de mazorca de cacao (3 dosificaciones)
- Mezcla No. 3 - restando 10%, 20% y 40% de arena y adicionándole agregado orgánico de fibras de tallo de banano en mismos porcentajes (3 dosificaciones)
- Mezcla No. 4 - sin restar arena se adiciono 10%, 20% y 40% de agregado orgánico de fibras de tallo de banano (3 dosificaciones)

Es evidente que en total se realizaron 4 mezclas con 12 dosificaciones diferentes de las cuales 2 dosificaciones resultaron favorables, acercándose a la resistencia establecida por el hormigón tradicional de 210 kg/cm².

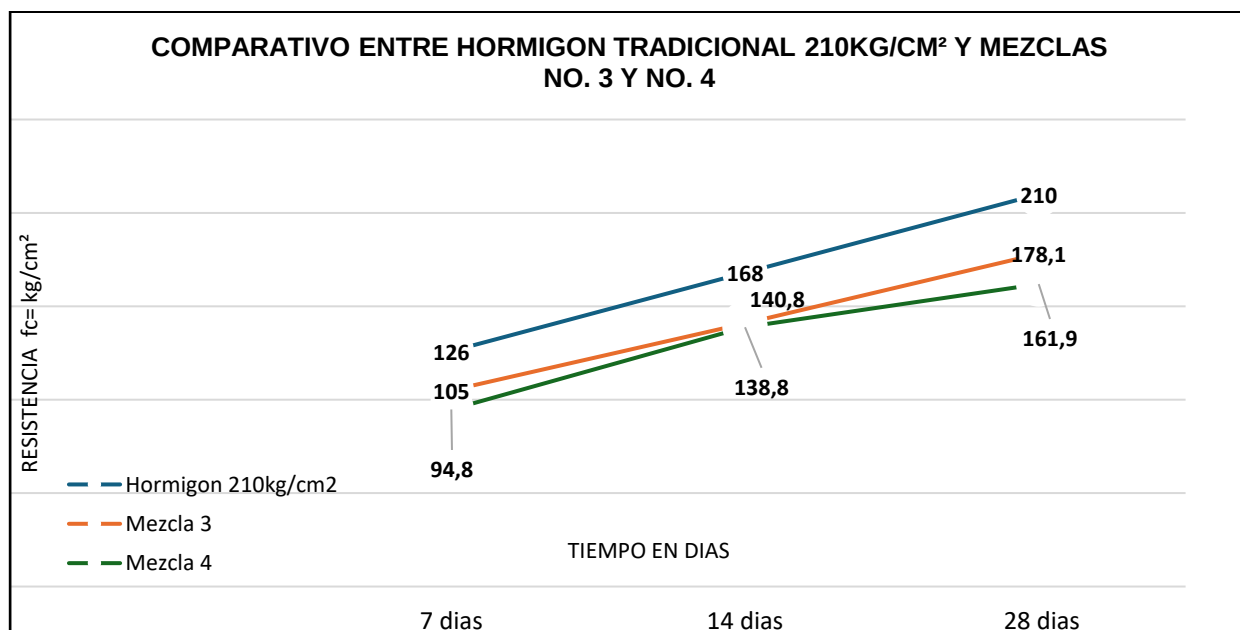


Figura 3.3 Resistencia del hormigón tradicional vs la mezcla 3 y 4

En tal virtud se demuestra que tanto la mezcla No. 3 y la mezcla No 4 a los 7 y 14 días van adquiriendo resistencias cercanas a los parámetros establecidos por los rangos según las normas ASTM C39 y ACI 318, demostrando el incremento de resistencia con el pasar de los días, tomando en cuenta que son hormigones con materiales orgánicos, no tradicionales.

3.2 Análisis de resultados

- Es evidente que el hormigón realizado con el agregado de mazorca de cacao no llego a los resultados esperados, en ninguna de sus dosificaciones, debido a que la cascara de cacao se pulveriza y no reemplaza al comportamiento del agregado fino tradicional como la arena.
- La característica principal que se observó en la mazorca de cacao fue que su resistencia era mínima y que a medida que perdía agua en el proceso de secado la materia orgánica era mucho más fácil de triturar por la pérdida de resistencia que se iba generando posterior al proceso de secado.
- El acabado de los cilindros realizados con mazorca de cacao a pesar del varillado durante su proceso de elaboración no era completamente liso, dejando muchos huecos en el cilindro lo que hacía que su resistencia no sea muy elevada y fisurando los cilindros de esta mezcla.
- El hormigón realizado con fibras de tallo de banano en la proporción del 10% se acerca a la resistencia de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ que se obtienen con hormigones realizados con agregados tradicionales. En el caso de la mezcla No. 3 que se restó 10% de arena y se agregó la fibra del tallo de banano en la misma proporción se llegó a una resistencia de $178,1 \text{ kg/cm}^2$. En el caso de la Mezcla No. 4 donde no se restó arena y se adiciono las fibras del tallo de banano al 10% la resistencia obtenida fue de $161,9 \text{ kg/cm}^2$.
- Es evidente que si lo comparamos con el diseño original de cilindros de resistencia de 210 kg/cm^2 el porcentaje con respecto a la resistencia que se obtiene de la mezcla No.3 con tallo de banano llego al 84,81% ($178,1 \text{ kg/cm}^2$) y la mezcla No. 4 con el mismo agregado no tradicional de tallo de banano llego al 77,10% ($161,9 \text{ kg/cm}^2$).

- El acabado final de los cilindros realizados con fibra de tallo de banano fue más liso y homogéneo, demostrando la ocupación total de los vacíos que se generan en este tipo de mezclas.
- Los cilindros que se realizaron en las mezclas No.3 y No. 4 con las fibras de tallo de banano en proporciones del 20 y el 40% en su composición no cumplieron con los resultados esperados.
- Por esta razón podemos definir que las altas cantidades de fibras del tallo de banano en su mezcla hace que se pierda resistencia a la compresión del hormigón.
- En vista de los resultados obtenidos hemos logrado demostrar que este hormigón con agregados orgánicos puede ser utilizados en obras con estructuras de una sola planta en viviendas de interés social con son plintos, pilares, riostras y vigas. Además, se lo puede utilizar en estructuras menores como dinteles, viguetas, Pilaretes y también en elementos como contrapisos, aceras, veredas con resistencias menores a los 210 kg/cm².

3.3 PRESUPUESTO

De todos los hormigones planteados en este trabajo de investigación de esta maestría se elabora un presupuesto independiente de cada uno de ellos como son la mezcla No. 3 y la mezcla No. 4 y del hormigón tradicional de 210 kg/cm² como se aprecia en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Presupuesto del hormigón tradicional y del hormigón de la mezcla 3 y4.

PRESUPUESTO FINAL					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	HORMIGON TRADICIONAL DE 210Kg/Cm ²	M ³	1.00	118,26	118,26
2	HORMIGON MEZCLA No. 3 (10 % MENOS DE ARENA + 10% DE TALLO DE BANANO)	M ³	1.00	129,33	129,33
3	HORMIGON MEZCLA No. 4 (SIN RESTAR ARENA + 10% DE TALLO DE BANANO)	M ³	1.00	130,95	130,95

Para sustentar el presupuesto de cada una de las mezclas se realizaron los análisis de precios unitarios de cada rubro como se describen en la Tabla 3.5, Tabla 3.6 y Tabla 3.7.

RUBRO 1: Hormigón tradicional de 210 kg/cm².**Tabla 3.5 APU hormigón tradicional 210 kg/cm².**

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS					
RUBRO:	HORMIGON TRADICIONAL DE 210kg/cm²			UNIDAD	M³
DETALLE:				RENDIMIENTO	1.80
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas Menores 5% CONCRETERA	A	B	C=A*B	R	D=C*R
	1.00	3.75	3.75	1.80	6.75
SUBTOTAL M					6.75
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
OFICIAL MAESTRO DE OBRA	A	B	C=A*B	R	D=C*R
	3.00	4.23	12.69	1.80	22.84
	1.00	4.52	4.52	1.80	8.14
SUBTOTAL N					30.98
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
ARENA (666 Kg) - (1600 Kg/ M³) CEMENTO (373 Kg) - (50 KG X SACO) PIEDRA TRITURADA (1001 Kg) - (1780 Kg/M³) AGUA (220 LTS) - (1000 LTS X M³)			A	B	C=A*B
		M³	0.46	12.50	5.75
		SACO	7.46	8.54	63.71
		M³	0.62	17.50	10,85
		M³	0.22	1.00	0.22
SUBTOTAL O					80,53
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C=A*B
SUBTOTAL P					0.00
		TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			118,26

RUBRO 2: Mezcla No. 3 - 10% menos de arena+10% de tallo de banano.**Tabla 3.6 APU hormigón Mezcla 3.**

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS					
RUBRO:	HORMIGON MEZCLA No. 3 (10 % MENOS DE ARENA + 10 % DE TALLO DE BANANO)			UNIDAD	M³
DETALLE:				RENDIMIENTO	1.75
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas Menores 5% CONCRETERA	A 1.00	B 3.75	C=A*B 3.75	R 1.75	D=C*R 6.56
SUBTOTAL M					6.56
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
MEZCLA	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OFICIAL	3.00	4.23	12.69	1.75	22.21
MAESTRO DE OBRA	1.00	4.52	4.52	1.75	7.91
RECOLECCION=SECADO - TRITURADO DEL TALLO DE BANANO					
OFICIAL	1.00	4.23	4.23	3,00	12,69
SUBTOTAL N					42,81
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
ARENA (666 Kg) - (1600 Kg/ M³)		M³	A 0.42	B 12.50	C=A*B 5,25
CEMENTO (373 Kg) - (50 KG X SACO)		SACO	7.46	8.54	63.71
PIEDRA TRITURADA (1001 Kg) - (1780 Kg/M³)		M³	0.62	17.50	10,78
AGUA (220 LTS) - (1000 LTS X M³)		M³	0.22	1.00	0.22
TALLO DE BANANO		M³	0.042	0.00	0.00
SUBTOTAL O					79,96
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C=A*B
SUBTOTAL P					0.00
		TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			129,33

RUBRO 3: Mezcla No. 4 - sin restar arena+10% de tallo de banano.

Tabla 3.7 APU hormigón mezcla 4.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS					
RUBRO:	HORMIGON MEZCLA No. 4 (SIN RESTAR ARENA + 10 % DE TALLO DE BANANO)			UNIDAD	M³
DETALLE:				RENDIMIENTO	1.80
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramientas Menores 5% CONCRETERA	1.00	3.75	3.75	1.80	6.75
SUBTOTAL M					6.75
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
MEZCLA					
OFICIAL	3.00	4.23	12.69	1.80	22.84
MAESTRO DE OBRA	1.00	4.52	4.52	1.80	8.14
RECOLECCION=SECADO - TRITURADO DEL TALLO DE BANANO					
OFICIAL	1.00	4.23	4.23	3,00	12,69
SUBTOTAL N					43,67
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C=A*B
ARENA (666 Kg) - (1600 Kg/ M³)		M³	0.460	12.50	5.75
CEMENTO (373 Kg) - (50 KG X SACO)		SACO	7.46	8.54	63.71
PIEDRA TRITURADA (1001 Kg) - (1780 Kg/M³)		M³	0.62	17.50	10,85
AGUA (220 LTS) - (1000 LTS X M³)		M³	0.22	1.00	0.22
TALLO DE BANANO		M³	0.046	0.00	0.00
SUBTOTAL O					80,53
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C=A*B
SUBTOTAL P					0.00
		TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			130,95

En la Figura 3.4 se puede apreciar el precio comparativo de cada una de las mezclas realizadas como son la No. 3 y la No 4 con materiales orgánicos como es la fibra del tallo del banano y del hormigón tradicional del 210 kg/cm².

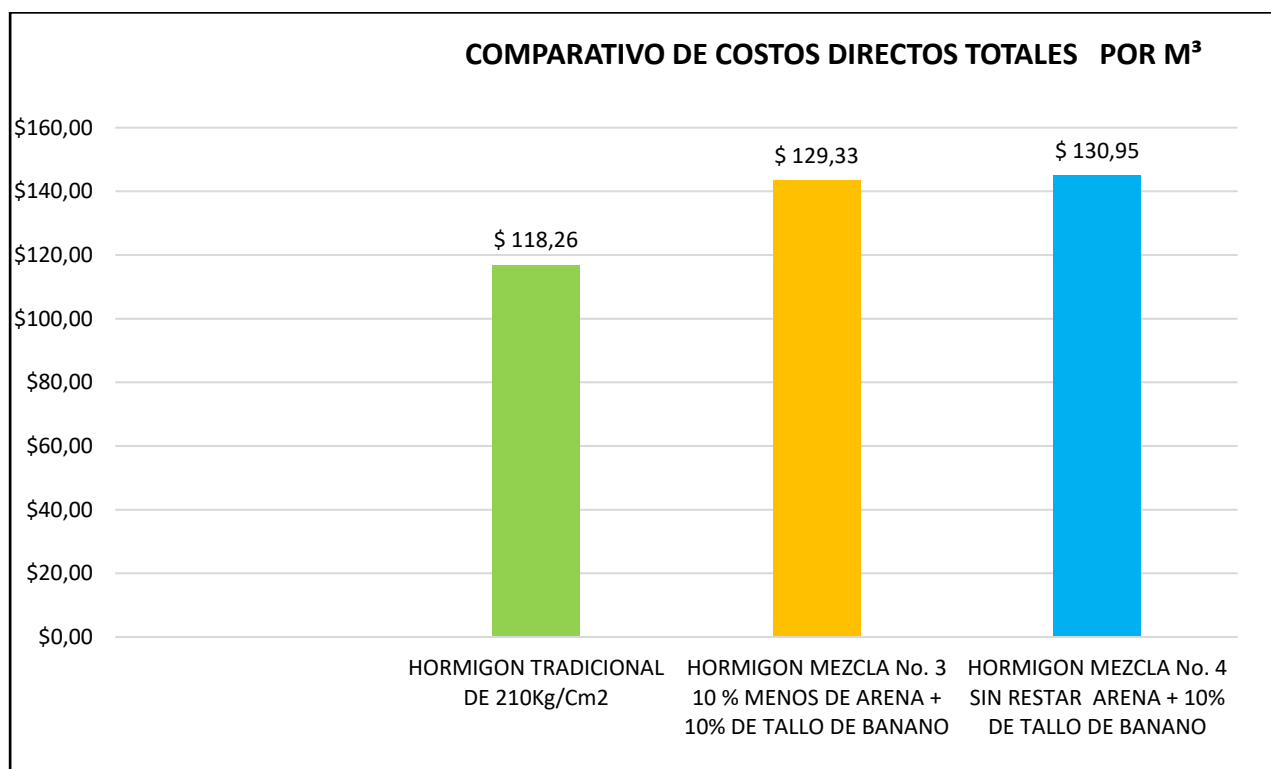


Figura 3.4 Precio comparativo del hormigón tradicional, mezcla 3 y mezcla 4.

Además, se pudo definir que el costo de la materia orgánica como es la fibra del tallo del banano es cero tomando en cuenta que son materiales que se encuentran en botaderos producto de los desechos que se generan en las plantaciones agrícolas de la zona. Pero cuando se analizó el costo de la mano de obra para la recolección, transporte, cortado, secado, triturado antes de su utilización en los nuevos hormigones propuesto se pudo definir que se genera un costo de mano de obra superior al costo del porcentaje de arena extraído en el caso de la mezcla No. 3 que es igual al 10%. Por esta razón se logra definir que la utilización de este tipo de agregados orgánicos no tradicionales genera un costo mayor que la arena tradicional por el incremento del trabajo en mano de obra para su tratamiento previo, como se muestra en la Figura 3.5 y Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Costo de mano de Obra por m³.

RESUMEN COMPARATIVO DE COSTO DE MANO DE OBRA POR M³	
HORMIGON TRADICIONAL DE 210Kg/Cm²	\$30.98
HORMIGON MEZCLA No. 3 10 % MENOS DE ARENA + 10% DE TALLO DE BANANO	\$42,81
HORMIGON MEZCLA No. 4 SIN RESTAR ARENA + 10% DE TALLO DE BANANO	\$43,67

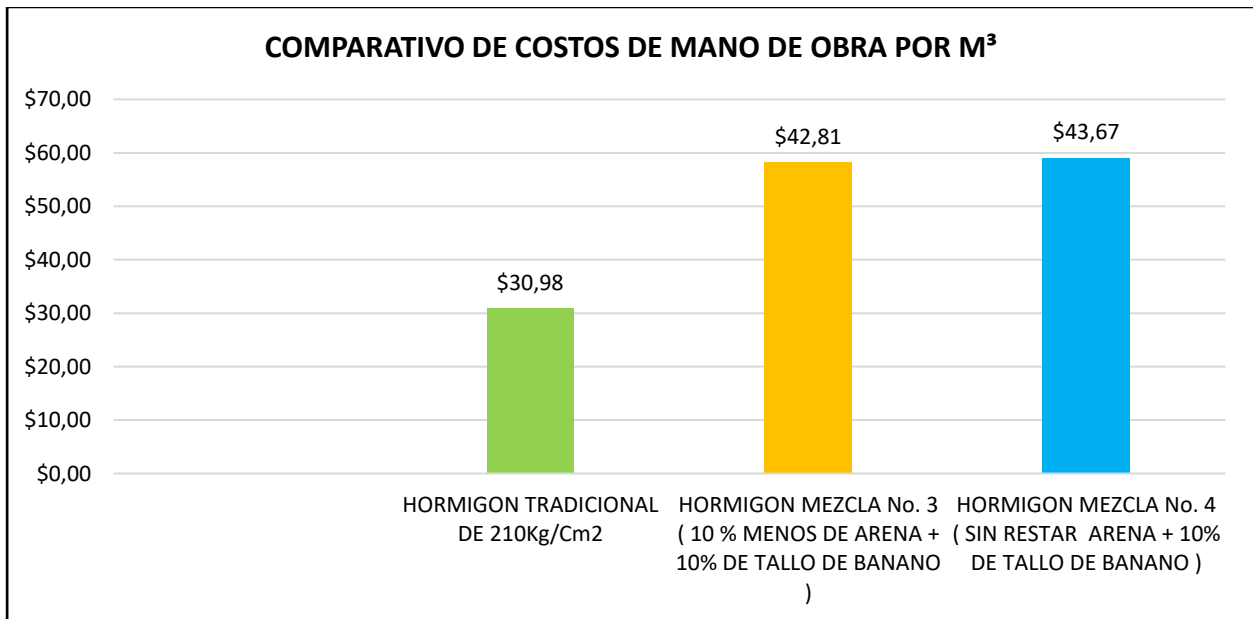


Figura 3.5 Costo de mano de Obra por m³

3.4 Especificaciones técnicas

Posteriormente, se procedió a definir las Especificaciones Técnicas de cada uno de los hormigones elaborados como el hormigón tradicional de 210kg/cm² y de los hormigones propuestos en las mezclas No. 3 y No. 4 que son las que han dado el mejor resultado en esta investigación, como se aprecia en la Tabla 3.9, Tabla 3.10 y Tabla 3.11.

Tabla 3.9 Especificación Técnica “Hormigón tradicional 210 kg/cm²”

RUBRO 1: HORMIGÓN TRADICIONAL DE 210 KG/CM².

Este rubro consiste en un hormigón simple con una resistencia de 210 Kg/cm² que se constituyen en la mezcla de cemento Pórtland, agregados gruesos, agregados finos y agua en dosificación adecuada para formar una masa homogénea que al fraguar adquiera las características previamente fijadas, de acuerdo con la normativa vigente. La resistencia requerida a compresión como un mínimo $f=c = 210\text{kg/cm}^2$, la dosificación a utilizarse producirá en el hormigón la suficiente trabajabilidad y acabado. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en el laboratorio a los 7, 14 y 28 días de fraguado.

MATERIALES

- ✓ **TIPO DE CEMENTO.** - El tipo de cemento a usarse será del tipo GU que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa vigente .
- ✓ **AGREGADOS GRUESOS.** – Estos serán gravas o piedras que provienen de materiales triturados libres de impurezas y cumpliendo con la normativa vigente
- ✓ **AGREGADOS FINOS.** – Este tipo de agregados deben cumplir la granulometría establecida en la normativa vigente y siempre estar libres de impurezas .
- ✓ **AGUA.** – Toda el agua utilizada debe cumplir con parámetros establecidos en la normativa vigente y estar libre de sustancias que afecten a la mezcla con los diferentes agregados a utilizarse en el hormigón .

EQUIPO

Concretera, Herramienta menor, Vibrador.

MANO DE OBRA

Maestro Mayor, Albañil y Peón

MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO

Este rubro será liquidado por metro cubico – m³.

Tabla 3.10 Especificación Técnica “Hormigón mezcla No. 3 (10% menos de arena + 10% de tallo de banano)”

RUBRO 2: HORMIGÓN MEZCLA No. 3 (10% MENOS DE ARENA + 10% DE TALLO DE BANANO).

Este rubro consiste en un hormigón simple con una resistencia de 210 Kg/cm² que se constituyen en la mezcla de cemento Pórtland, agregados gruesos, agregados finos, agregados orgánicos como la fibra del tallo del banano y agua en dosificación adecuada para formar una masa homogénea que al fraguar adquiera las características previamente fijadas, de acuerdo con la normativa vigente.

La resistencia requerida a compresión como un mínimo $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, la dosificación a utilizarse producirá en el hormigón la suficiente trabajabilidad y acabado. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en el laboratorio a los 7, 14 y 28 días de fraguado.

MATERIALES

- ✓ **TIPO DE CEMENTO.** - El tipo de cemento a usarse será del tipo GU que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa vigente .
- ✓ **AGREGADOS GRUESOS.** – Estos serán gravas o piedras que provienen de materiales triturados libres de impurezas y cumpliendo con la normativa vigente
- ✓ **AGREGADOS FINOS.** – Este tipo de agregados deben cumplir la granulometría establecida en la normativa vigente y siempre estar libres de impurezas . En este caso se quitó el 10% de arena del total utilizado en hormigones tradicionales el cual será reemplazo por el material orgánico compuesto de fibra de tallo de banano.
- ✓ **AGREGADOS ORGÁNICOS.** Los agregados con materiales orgánicos serán con fibras de tallo de banano los cuales van cortados en pequeñas porciones y secados durante 21 días para su posterior triturado buscando producir fibras que permitan un fácil mezclado en la composición del hormigón que se vaya a preparar. En este caso se aumentó un 10% de fibras de tallo de banano reemplazando el agregado fino disminuido (arena)
- ✓ **AGUA.** – Toda el agua utilizada debe cumplir con parámetros establecidos en la normativa vigente y estar libre de sustancias que afecten a la mezcla con los diferentes agregados a utilizarse en el hormigón.

EQUIPO

Concretera, Herramienta menor, Vibrador.

MANO DE OBRA

Maestro Mayor, Albañil y Peón

MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO

Este rubro será liquidado por metro cubico – m³

Tabla 3.11 Especificación Técnica “Hormigón mezcla No. 4 (sin restar arena + 10% de tallo de banano)”

RUBRO 3: HORMIGÓN MEZCLA No. 4 (SIN RESTAR ARENA + 10% DE TALLO DE BANANO).

Este rubro consiste en un hormigón simple con una resistencia de 210 Kg/cm² que se constituyen en la mezcla de cemento Pórtland, agregados gruesos, agregados finos, agregados orgánicos como la fibra del tallo del banano y agua en dosificación adecuada para formar una masa homogénea que al fraguar adquiera las características previamente fijadas, de acuerdo con la normativa vigente.

La resistencia requerida a compresión como un mínimo $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, la dosificación a utilizarse producirá en el hormigón la suficiente trabajabilidad y acabado. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en el laboratorio a los 7, 14 y 28 días de fraguado.

MATERIALES

- ✓ **TIPO DE CEMENTO.** - El tipo de cemento a usarse será del tipo GU que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa vigente .
- ✓ **AGREGADOS GRUESOS.** – Estos serán gravas o piedras que provienen de materiales triturados libres de impurezas y cumpliendo con la normativa vigente
- ✓ **AGREGADOS FINOS.** – Este tipo de agregados deben cumplir la granulometría establecida en la normativa vigente y siempre estar libres de impurezas . de tallo de banano.
- ✓ **AGREGADOS ORGANICOS.** - Los agregados con desecho orgánicos serán con fibras de tallo de banano los cuales serán cortados en pequeñas porciones y secados durante 21 días para su posterior triturado buscando producir fibras o musgos que permitan un fácil mezclado en la composición del hormigón que se vaya a preparar. En este caso se aumentó un 10% de fibras de tallo de banano a la mezcla del hormigón tradicional
- ✓ **AGUA.** – Toda el agua utilizada debe cumplir con parámetros establecidos en la normativa vigente y estar libre de sustancias que afecten a la mezcla con los diferentes agregados a utilizarse en el hormigón.

EQUIPO

Concretera, Herramienta menor, Vibrador.

MANO DE OBRA

Maestro Mayor, Albañil y Peón

MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO

Este rubro será liquidado por metro cubico – m³

3.5 Diseño de la solución

A partir de los resultados obtenidos, se propone un diseño de hormigón optimizado que utilice un 10% de tallo de banano como agregado restando el mismo porcentaje de arena como lo describe en la Tabla 3.12.

Una vez que se ha podido demostrar que las mejores resistencias de los hormigones obtenidos en este proceso de investigación fueron las mezclas No. 3 y No. 4 como se aprecia en las Tabla 3.12 y Tabla 3.13, estos diseños no solo aseguran un rendimiento mecánico adecuado, sino que también promueven la sostenibilidad al utilizar residuos agrícolas. Se recomienda realizar pruebas adicionales para determinar el comportamiento a largo plazo de este tipo de hormigón en condiciones ambientales variables. Estos dos tipos de mezclas con su respectiva dosificación se detallan a continuación:

MEZCLA 3: “FIBRAS DE TALLO DE BANANO”

Dosificación de la mezcla: 10 % menos de arena y se adiciona la misma cantidad en fibras de tallo de banano.

Tabla 3.12 Característica de Mezcla No.3 de fibras de tallo de banano.

MEZCLA 3 “TALLO DE BANANO AL 10%” (disminuye arena 10% y reemplaza con fibras de tallo de banano al 10%)	
Agregados	menos 10% de arena + 10% agregado orgánico
cemento (kg)	373
agua (lts)	220
piedra (kg)	1001
arena (kg)	599,4
Tallo de Banano (kg) (+)	66,6

MEZCLA 4: “FIBRAS DE TALLO DE BANANO”

Dosificación de la mezcla: Sin restar arena se adiciona 10 % de fibras de tallo de banano en el hormigón.

Tabla 3.13 Característica de Mezcla No.4 de fibras de tallo de banano.

MEZCLA 4 “TALLO DE BANANO AL 10%” (No disminuye arena y se adiciona fibras de tallo de banano al 10%)	
Agregados	más 10% de agregado orgánico (sin restar arena)
cemento (kg)	373
agua (lts)	200
piedra (kg)	1001
arena (kg)	666
Tallo de Banano (kg) (+)	66,6

CONSIDERACIONES DE LA FIBRA DEL TALLO DE BANANO UTILIZADA EN EL DISEÑO

- Se extrae el pedúnculo que sostiene la racimo en la planta de banano una vez concluida la cosecha de la fruta.
- Se procede a cortar el tallo en trozos cuadrados de 5 x 5 cms
- Los trozos cuadrados se los coloca al sol por 21 días para obtener su secado total
- Una vez secos los trozos de banano se procede a su trituración con cortadora mecánica o licuadora

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La utilización de la mazorca de cacao como un agregado fino no tradicional para cambiar la arena que ha formado parte de la composición de la preparación de los hormigones utilizados frecuentemente demostró no dar un resultado favorable debido a la baja resistencia que presentaron cada uno de los cilindros que se realizaron en este trabajo de investigación.
- La resistencia de la cáscara (mazorca) de cacao en condiciones humedad es mucho mayor que cuando empieza su proceso de secado y va perdiendo agua en su estructura y la hace mucho menos resistente perjudicando al nuevo hormigón propuesto. Además, hay que tomar en cuenta que si bien es cierto se eliminó y se colocó la misma cantidad en peso de los materiales tradicionales como la arena y los materiales orgánicos como la mazorca del cacao y las fibras del tallo del banano, su volumen tiene una diferencia considerable por su estructura. La arena tiene menos cantidad de vacíos en su estructura, generando un peso mayor, y las fibras de tallos de banano presentan una mayor cantidad de vacíos en su estructura generando un peso mucho menor que la arena.
- La reducción de costos no fue un valor considerable entre los costos de un hormigón tradicional y los costos que se generan en la elaboración del hormigón con agregados no tradicionales debido a que si bien es cierto los materiales orgánicos son encontrados en botaderos o cunetas en las haciendas agrícolas, su proceso de recolección, transporte, cortado, secado y triturado necesitan de una cantidad considerable de mano de obra que produce un costo adicional y que incide en el costo final del hormigón con materia orgánica en relación al costo del hormigón tradicional, donde su único agregado fino es la arena.

- Además, en estas mezclas propuestas se obtiene un hormigón ecológico y sostenible, en base a desechos orgánicos del sector agrícola que presentan un mejor acabado debido a la composición de la fibra del tallo del banano que ayuda a la eliminación del contenido aire en su estructura dotando de un hormigón que genera un menor impacto de daño en el ecosistema y que puede ser considerado como una solución amigable con el medioambiente y con el planeta.
- La utilización de este tipo de agregado no tradicionales como la fibra del tallo del banano en la elaboración de hormigones disminuye la contaminación de los suelos, de los ríos y afluentes, la emisión de gases en el momento de su combustión y la proliferación de insectos y roedores en los sectores donde son depositados estos desechos.
- Con la utilización de estos materiales orgánicos reciclados se logró mantener una resistencia adecuada para elementos estructurales en viviendas de interés social respetando las normas establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción llegando entre el 161,9 kg/cm² (77,10 %) y el 178,1 kg/cm² (84,81 %) de la resistencia comparada con los hormigones tradicionales utilizados. Es evidente que este tipo de hormigones alternativos pueden ser utilizados en estructuras de menor impacto en construcciones de planta baja en viviendas de interés social.
- Con la utilización de este tipo de agregados orgánicos se van a generar nuevas fuentes de empleos impulsando el desarrollo sostenible de las comunidades rurales del sector del cantón Babahoyo generando una economía circular que de a poco va a beneficiar a las familias más necesitados de la zona.
- El impacto positivo en el tema de la sostenibilidad es el mejor resultado que se puede obtener de esta investigación donde se mejora las condiciones de muchos sectores con la utilización de desechos que ya pasan a formar parte de las nuevas estructuras en las viviendas principalmente de bajo costo de la zona y la reducción del impacto ambiental

4.2. Recomendaciones

- Es importante que, en investigaciones futuras, se analice la posibilidad de disminuir el porcentaje de agregado no tradicional como la fibra del tallo del banano, en valores un poco menor al 10%, tomando en cuenta que la resistencia de los cilindros se comportó de una forma inversamente proporcional con la dosificación de las fibras del tallo de banano.
- Es conveniente realizar estudios posteriores para definir las condiciones de durabilidad del hormigón propuesto y establecer su comportamiento a través del tiempo, en investigaciones a los 6, 12, 18 y 24 meses tomando en cuenta las características de la fibra del tallo del banano puede cambiar su estructura con el pasar del tiempo, por la descomposición de la materia vegetal.
- Fomentar una economía circular donde la población rural de estos sectores podrá generar nuevas fuentes de empleos con la recolección y el tratamiento de residuos orgánicos los cuales en la actualidad no son tomados en cuenta en el desarrollo económico de las familias del sector.
- Incentivar desde la academia, en las universidades, la realización de este tipo de investigaciones que puedan fomentar una solución sostenible para el mejoramiento de las condiciones ambientales de nuestro planeta.
- Buscar implementar una variedad más amplia, de soluciones para el sector de la construcción, con la utilización de residuos agrícolas o industriales que cumplan con la normativa vigente y que logre reducir el impacto de contaminación en lo que estamos inmersos actualmente tomando en cuenta el éxito de esta investigación con la utilización de fibras de tallo de banano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Juan Chiquilín. (2018), "Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligerada," Tesis de licenciatura, Univ. Privada del Norte. Facultad de Ingeniería, Perú.
2. Alfredo Gómez. (2022), "Efectos de la incorporación de fibras de mazorca de cacao en el concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, para pavimentos rígidos, Ayacucho – 2022," Tesis de grado, Esc. Ingeniería Civil, Univ. Cesar Vallejo, Lima-Perú,
3. Chuquillanqui Bryan. (2023), "Influencia de fibra de cacao en el concreto $f'c= 280\text{ kg/cm}^2$ con agregados de la cantera Gutarra Romero del distrito de Pangoa 2023", Tesis de grado, Esc. Ingeniería Civil, Univ. Cesar Vallejo, Lima-Perú.
4. Mario Torres. (2024), "Comprobación de la propiedad mecánica de compresión de un hormigón con adición de fibra de hoja de banana", Tesis de grado, Esc. Ingeniería Civil, Univ. Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador, 2024.
5. Marco Ruiz. (2021), "Diseño de pavimento rígido agregando fibra de tallo de plátano - AAHH Campo Amor- Zarumilla - Tumbes - 2021", Tesis de grado, Esc. Ingeniería Civil, Univ. Cesar Vallejo, Perú.
6. Burner, R. (2011). Trabajabilidad y propiedades del hormigón fresco. Editorial Técnicas Constructivas.
7. Cando, A. (2016). Propiedades mecánicas y físicas del hormigón endurecido. Revista de Ingeniería Civil, 12(3), 45-58.
8. Chávez, M. (2017). Producción de banano y su impacto en los residuos agrícolas. Revista de Agricultura y Sostenibilidad, 10(4), 23-29.
9. Chuquilin, J. (2018). Uso de materiales sostenibles en la construcción de viviendas sociales. Lima: Ediciones Andinas.
10. Freire, J. (2018). El déficit habitacional en Ecuador: Retos y oportunidades. Quito: Editorial Casa Abierta.
11. Herrera, L., & Vilema, P. (2019). Impacto ambiental de la extracción de agregados en la construcción. Revista de Desarrollo Sostenible, 18(2), 12-20.

12. Narváez, M., & Orellana, J. (2024). Estudio de hormigones con materiales reciclados para aplicaciones estructurales. *Revista de Construcción y Medio Ambiente*, 20(1), 33-47.
13. Osorio, G. (2018). *Ensayos mecánicos del hormigón estructural*. Editorial Técnica del Cono Sur.
14. Paredes, M., & Gutiérrez, F. (2015). Factores que inciden en el costo de construcción de viviendas sociales. *Revista de Economía y Construcción*, 5(1), 10-25.
15. Ronquillo, A., & Verdugo, L. (2019). *Normas y especificaciones técnicas de los agregados en Ecuador*. Editorial Técnica Nacional.
16. Rotondaro, A. (2016). *Pruebas de resistencia en hormigones: Normas y procedimientos*. Buenos Aires: Ingeniería Moderna.

ANEXOS

Anexo 1. Planta de banano



Anexo 2. Tallo de Banano



Anexo 3. Desperdicio de tallo de banano



Anexo 4. Desecho del tallo del banano



Anexo 5. Planta de cacao



Anexo 6. Desecho de la fruta de cacao



Anexo 7. Desecho de la mazorca del cacao



Anexo 8. Desecho de la mazorca del cacao

